

Guia Ambiental para Construção de Residências Sustentáveis

Felipe Ruediger

Orientador: Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli

2010/1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

GUIA AMBIENTAL PARA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS SUSTENTÁVEIS

FELIPE RUEDIGER

FLORIANÓPOLIS, (SC)
JULHO, 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

GUIA AMBIENTAL PARA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS SUSTENTÁVEIS

FELIPE RUEDIGER

**Trabalho apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina para Conclusão do Curso
de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental.**

Orientador
Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli

FLORIANÓPOLIS, (SC)
JULHO/2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

GUIA AMBIENTAL PARA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS SUSTENTÁVEIS

FELIPE RUEDIGER

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental – TCC II**

BANCA EXAMINADORA:



**Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli
(Orientador)**



**Profª. Drª. Maria Ángeles Lobo Récio
(Membro da Banca)**



**Profª. Drª. Maria Eliza Nagel Hassemer
(Membro da Banca)**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
JULHO/2010**

“Por alguns séculos, o mundo ocidental considerou a natureza como um fenômeno material não ligado à consciência humana e barrou a percepção da inteligência oculta à nossa volta. Em décadas recentes, fomos forçados a reconhecer nossa dependência e nossa interligação com todos os povos e com a natureza. Talvez os próximos passos para nós, sejam despertados a antiga percepção da inteligência viva, inerente à natureza, e aprendermos a cooperar com ela para o bem do planeta e de todos os povos”.

SHIRLEY NICHOLSON

AGRADECIMENTOS

- *Aos familiares, namorada e amigos.*
- *A todos os colegas professores e alunos companheiros de trabalho no dia-a-dia.*
- *Aos que pautam suas vidas pelo respeito a todos os seres vivos desse maravilhoso planeta Terra, sobretudo aos que agem em prol de ideais sócio-ambientais.*
- *Ao Grande Espírito, pela vida.*

RESUMO

O crescimento das cidades nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais. A falta de conhecimento sobre sustentabilidade da construção civil por parte de muitos profissionais responsáveis pela sua execução é evidente e explicitada com os problemas recorrentes encontrados nos grandes centros urbanos após o término da obra. O objetivo geral deste trabalho foi identificar aspectos construtivos essenciais na construção de uma residência sustentável através da revisão bibliográfica sobre o assunto, proporcionando condições de levantamento de dados para conhecer o funcionamento dos aspectos construtivos ecoeficientes. De posse destes dados foi elaborado um guia ambiental para difundir a nova tendência da construção civil residencial, que é apresentado no apêndice deste trabalho. Um estudo de caso foi realizado mediante a aplicação deste guia ambiental, onde se buscou simular a utilização do guia ambiental frente às questões ambientais em uma residência ecoeficiente. Os resultados obtidos demonstram que é possível utilizar o guia ambiental para atingir a ecoeficiência de uma residência, onde sua utilização resulta em economia de energia e água. As Estratégias bioclimáticas quando bem aplicadas são fundamentais para se atingir a ecoeficiência, porém critérios ecoeficientes ainda estão sendo pesquisados no Brasil.

Palavras chaves: gestão ambiental, construção sustentável, ecoeficiência.

ABSTRACT

The cities growth in recent decades has been responsible for the increased pressure of human anthropic activities on natural resources. The lack of knowledge about sustainability by civil construction professionals responsible for its execution is obvious and explicit with the recurring problems found in large urban centers after the construction is finished. This work general goal was to identify fundamental construction aspects in building a sustainable home by reviewing the literature on the subject, providing conditions for data collection to understand the operation of aspects of construction and ecoefficients. In hold of this data a practical guide to diffuse the home civil construction new tendency's was elaborated, which is presented in this work's appendix. A case study was conducted by applying this practical guide, which simulated the practical guide's use opposite environment issues on an ecoefficient residence. The result shows that is possible to use the practical guide to achieve a home's ecoefficiency, where its use results in energy and water saving. The Bioclimatic Strategies when properly applied are fundamental to achieve ecoefficiency, but ecoefficient criteria are still been researched in Brazil.

Key words: environmental management, sustainable construction, eco-efficiency

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Climas Brasileiros</i>	30
<i>Figura 2: Modelo de residência para climas quentes e secos</i>	33
<i>Figura 3: Modelo de residência para climas quentes e úmidos</i>	34
<i>Figura 4: Modelo de residência para climas temperados e subtropicais</i>	35
<i>Figura 5: Zoneamento Bioclimático Brasileiro</i>	36
<i>Figura 6: Diagrama Psicrométrico com as Zonas de Conforto de Givoni</i>	37
<i>Figura 7: Zona de conforto</i>	38
<i>Figura 8: Zona de ventilação</i>	38
<i>Figura 9: Zona de resfriamento evaporativo</i>	39
<i>Figura 10: Zona de inércia térmica para resfriamento</i>	39
<i>Figura 11: Zona de resfriamento artificial</i>	40
<i>Figura 12: Zona de umidificação</i>	40
<i>Figura 13: Zona de inércia térmica e aquecimento solar</i>	41
<i>Figura 14: Zona de aquecimento solar passivo</i>	41
<i>Figura 15: Zona de aquecimento artificial</i>	42
<i>Figura 16: Faixa solar para hemisfério sul</i>	43
<i>Figura 17: Soluções para iluminação natural e mitigação do calor</i>	44
<i>Figura 18: Tipologia de janela para iluminação e ventilação natural</i>	45
<i>Figura 19: Laser Cut Panel</i>	46
<i>Figura 20: Ventilação em regiões úmidas</i>	47
<i>Figura 21: Ventilação em regiões úmidas com janelas altas com duas passagens pela laje</i>	47
<i>Figura 22: Ventilação em regiões úmidas com janelas altas com única passagem pela laje</i>	47
<i>Figura 23: Ventilação a ser evitada em regiões úmidas e favorável em climas secos</i>	48
<i>Figura 24: Modificações da trajetória dos ventos produzidas pelas vegetações buscando fluxo interno</i>	48
<i>Figura 25: Modificações da trajetória dos ventos produzidas pelas vegetações</i>	49
<i>Figura 26: Uso final de energia elétrica no setor residencial brasileiro</i>	50
<i>Figura 27: Selo PROCEL</i>	51
<i>Figura 28: Selo CONPET</i>	52
<i>Figura 29: Sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica</i>	53
<i>Figura 30: Mapa de radiação solar do Brasil</i>	54
<i>Figura 31: Sistema de aquecimento solar de água</i>	55
<i>Figura 32: Mapa de ventos do Brasil</i>	57
<i>Figura 33: Programa de conservação de água em edificações novas</i>	58
<i>Figura 34: Sistema de fluxo total</i>	61
<i>Figura 35: Sistema com derivação</i>	61
<i>Figura 36: Sistema com volume de retenção</i>	62
<i>Figura 37: Sistema com infiltração</i>	62
<i>Figura 38: Valeta de infiltração com trincheira de percolação</i>	63
<i>Figura 39: Valeta de percolação</i>	63
<i>Figura 40: Valeta enterrada de percolação</i>	64
<i>Figura 41: Comparação entre residências sem e com sistemas de reservação</i>	65
<i>Figura 42: Torneira hidromecânica</i>	66
<i>Figura 43: Torneira com sensor de presença</i>	67
<i>Figura 44: Torneira com válvula de pé</i>	67
<i>Figura 45: Arejadores</i>	68
<i>Figura 46: Válvula para mictório hidromecânico</i>	68
<i>Figura 47: Válvula para mictório com sensor de presença</i>	69
<i>Figura 48: Bacia sanitária com caixa acoplada dois estágios</i>	69
<i>Figura 49: Descarga de dois estágios</i>	70
<i>Figura 50: Restritor de vazão</i>	70

<i>Figura 51: Banheiro seco</i>	72
<i>Figura 52: Reuso da água do banho</i>	73
<i>Figura 53: Sistema de tratamento por zonas de raízes</i>	74
<i>Figura 54: Sistema combinado fossa, filtro e zona de raízes</i>	75
<i>Figura 55: Otimização ciclo de vida da edificação</i>	81
<i>Figura 56: Resfriamento indireto através da cobertura</i>	91
<i>Figura 57: Aquecimento solar passivo</i>	92
<i>Figura 58: Sistema misto de proteção solar</i>	93
<i>Figura 59: Princípio do sistema misto de proteção solar</i>	93
<i>Figura 60: Ganhos solares</i>	94
<i>Figura 61: Forração vegetal nas paredes</i>	95
<i>Figura 62: Forração vegetal nas coberturas</i>	95
<i>Figura 63: Ventilação geotermal</i>	96
<i>Figura 64: O solo como estratégia de inércia térmica para resfriamento</i>	96
<i>Figura 65: Dispositivo de controle de radiação (brises)</i>	97
<i>Figura 66: Selo do Instituto Biodinâmico</i>	102
<i>Figura 67: Conselho de Manejo Florestal</i>	102
<i>Figura 68: Blocos de concreto feitos com agregado reciclado</i>	104
<i>Figura 69: Britador primário para reciclar agregados</i>	105
<i>Figura 70: Telha reciclada de caixas de leite</i>	105
<i>Figura 71: Telha reciclada de embalagens de creme dental</i>	106
<i>Figura 72: Telha reciclada de embalagens de refrigerante</i>	106
<i>Figura 73: Prensa para confecção de tijolos na obra</i>	107
<i>Figura 74: Tijolo modular solo-cimento duplo encaixe</i>	107
<i>Figura 75: Método executivo do tijolo modular solo-cimento duplo encaixe</i>	108
<i>Figura 76: Casa Ecoeficiente com 350 metros quadrados</i>	109

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Processos de construção civil e respectivos tempos de vida útil média</i>	27
<i>Tabela 2: Tamanho do rotor e geração máxima de potência</i>	56
<i>Tabela 3: Distribuição da água no consumo doméstico</i>	66
<i>Tabela 4: Principais equipamentos hidráulicos economizadores de água</i>	71
<i>Tabela 5: Espécies de macrófitas para processos de tratamento de águas residuárias</i>	75

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV - Análise do Ciclo de Vida

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BEPAC - Building Environmental Performance Assessment Criteria

BREEAM - Building Research Establishmnet Environmental Assessment Method

CASBEE - Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

CBEE - Centro Brasileiro de Energia Eólica

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

CEF - Caixa Econômica Federal

CFCs - Clorofluorcarbonos

CIRIA - Construction Industry Research and Information Association

CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas

COBRACON - Comitê Brasileiro de Construção Civil

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONNEPI - Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica

CONPET - Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural

COVs - Compostos Orgânicos Voláteis

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica

EBN - Environmental Building News

EEA - European Environment Agency

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EPA - Environmental Protection Agency

FSC - Forest Stewardship Council

GBC - Green Building Challenge

IBD - Instituto Biodinâmico

IEA - Internacional Energy Agency

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial

ISO - International Organization for Standardization
JSBC - Japan Sustainability Buiding Consortium
LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
NBR - Norma Brasileira
OMS - Organização Mundial de Saúde
PET - Politereftalato de etileno
PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
QAI - Qualidade do ar interno
RCC - Resíduos da Construção Civil
RCD - Resíduos de construção e demolição
SED - Síndrome do Edifício Doente
SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil
TRY - Test Reference Year
UNEP - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNIDO - Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento Industrial
USGBC - United States Green Building Council
UVC - Ultravioleta C
WBCSD - World Business Council for Sustainable Development

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 OBJETIVOS.....	5
2.1 OBJETIVO GERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3 METODOLOGIA	6
4 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	7
4.1 HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	7
4.2 PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	8
4.2.1 Tipos de Construções Sustentáveis	10
4.3 A ECOEFICIÊNCIA.....	11
4.3.1 Benefícios da Ecoeficiência	12
4.4 PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL DA OBRA.....	12
4.4.1 O Planejamento Ambiental da Obra.....	12
4.4.2 O Gerenciamento Ambiental da Obra	16
4.4.3 A Logística Ambiental de Canteiro de Obra.....	18
4.4.4 Realização de Estudos de Impacto Ambiental	23
4.4.5 Análise de Ciclo de Vida da Obra e Materiais	25
4.5 APROVEITAMENTO PASSIVO DOS RECURSOS NATURAIS	29
4.5.1 A Construção Bioclimática	29
4.5.2 Estratégias Bioclimáticas	36
4.5.3 Iluminação Natural.	42
4.5.4 Ventilação Natural.....	46
4.6 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	49
4.6.1 Panorama e Certificação	49
4.6.2 Energia Fotovoltaica.....	53
4.6.3 Energia Eólica	55
4.7 GESTÃO E ECONOMIA DA ÁGUA.....	58
4.7.1 Programa de Conservação de Água.....	58
4.7.2 Sistema de Captação de Água Pluvial	59
4.7.3 Tecnologias para Redução do Consumo e Desperdício	65
4.7.4 O Reuso de Água.....	72
4.7.5 Sistema de Tratamento Wetland	74

4.8	GESTÃO DOS RESÍDUOS NA EDIFICAÇÃO	76
4.8.1	Resíduos Sólidos da Construção Civil.....	76
4.8.2	Produção mais Limpa Aplicada a Gestão de Resíduos da Construção Civil....	79
4.8.3	Gestão e gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil	82
4.8.4	A Reciclagem dos Resíduos da Construção Civil.	84
4.8.5	O Tratamento do Lixo Orgânico.	85
4.9	QUALIDADE DO AR E DO AMBIENTE INTERIOR	86
4.9.1	A Síndrome do Edifício Doente	86
4.9.2	Preservação de Ambiente Interior Saudável	86
4.10	CONFORTO TERMO-ACÚSTICO.....	88
4.10.1	Controle da Temperatura	88
4.10.2	Inércia Térmica	90
4.10.3	Estratégias para o Conforto Térmico.....	91
4.10.4	Acústica Residencial	98
4.11	USO RACIONAL DE MATERIAIS	100
4.11.1	Análise do Produto	100
4.11.2	Critérios Ecológicos dos Materiais.....	101
4.12	USO DE PRODUTOS E TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE AMIGÁVEIS	102
4.12.1	Ecoprodutos e Materiais Naturais	102
4.12.2	Tintas Ecológicas	103
4.12.3	Materiais Reciclados	104
5	ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO GUIA AMBIENTAL	109
5.1	DESCRIÇÃO DA OBRA.....	109
5.2	ASPECTOS CONSTRUTIVOS ADOTADOS	110
5.3	ANÁLISE E DISCUSSÃO	112
6	CONCLUSÕES	114
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
8	APÊNDICE A – GUIA AMBIENTAL PARA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS SUSTENTÁVEIS	127

1 INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais. Em todo o planeta, praticamente não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência direta e/ou indireta do homem, resultando em impactos ambientais e perda econômica.

A falta de conhecimento sobre sustentabilidade da construção por parte de muitos profissionais responsáveis pela execução de residências é evidente e explicitada com os problemas recorrentes encontrados nos grandes centros urbanos após o término da obra. As obras de pequeno porte são relativamente caras e demoradas, isso ocorre devido a uma cultura retrocessa e conservadora.

A Construção Sustentável faz uso de materiais e de soluções tecnológicas e inteligentes para promover o bom uso e a economia de recursos finitos (água e energia elétrica), a redução da poluição e a melhoria da qualidade do ar no ambiente interno e o conforto de seus moradores e usuários. Trata-se de um modelo diferente de construção, que, a grosso modo, pode ser definida como aquela que permite a integração entre homem e natureza, com um mínimo de alteração e impactos sobre o meio ambiente (INTEC, 2009).

Atualmente existem novas formas construtivas e materiais com relação custo benefício muito superior aos empregados no Brasil, e um guia ambiental traz essa característica de mudança em sua composição, mostra aos seus usuários as técnicas construtivas mais usuais e fornece como forma alternativa, novas técnicas e materiais que podem ser aplicados facilmente ao sistema construtivo brasileiro.

O objetivo geral deste trabalho foi identificar aspectos construtivos essenciais na construção de uma residência sustentável, proporcionando condições de levantamento de dados para conhecer o funcionamento dos aspectos construtivos ecoeficientes levando-se em consideração a natureza técnica de cada um.

O guia ambiental, propósito desta pesquisa, permite difundir conhecimento de forma sistematizada, criteriosa e segmentada, atuando como instrumento de gestão ambiental da habitação, facilitando a compreensão da estrutura e funcionamento dos aspectos construtivos de uma residência sustentável, orientando o estudo de concepção do projeto na busca pela ecoeficiência. Possibilita também ao usuário adquirir e aplicar as diversas técnicas construtivas ecoeficientes em projetos de residências convencionais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Identificar aspectos construtivos essenciais na construção de uma residência sustentável, baseado em critérios de ecoeficiência.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir e descrever critérios de projeto para atingir a ecoeficiência.
- Elaborar um guia ambiental para construção de residências sustentáveis.
- Realizar um estudo de caso mediante aplicação do guia ambiental para construção de residências sustentáveis.

3 METODOLOGIA

O levantamento de dados sobre os aspectos construtivos das residências sustentáveis estão reunidos em sequência lógica e analisados referentes à ecoeficiência, identificando a natureza técnica de cada elemento construtivo como: planejamento sustentável da obra, conforto térmico, ventilação e iluminação natural, eficiência energética, captação de água da chuva, sistemas alternativos de tratamento de efluentes domésticos local, sistemas alternativos de energia, “layout” da residência, medidas de controle para evitar a impermeabilização do solo, controle de desperdício durante a construção entre outros fatores que englobam a gestão ambiental da construção de residências.

A metodologia desta pesquisa consiste em uma Pesquisa Bibliográfica elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet.

Decorrente do estudo bibliográfico foi elaborado um guia ambiental em forma de manual técnico para auxiliar a construção de residências sustentáveis, que consiste em organizar de forma sistemática o funcionamento dos aspectos construtivos ecoeficientes, levando em consideração a natureza técnica de cada elemento construtivo.

Para auxiliar a pesquisa bibliográfica e o guia ambiental, foi utilizado como base o modelo de certificação ambiental Norte Americano, conhecido como LEED - Liderança em Energia e Design Ambiental composto por nove itens norteadores da ecoeficiência.

O Guia Ambiental para Construções Sustentáveis é apresentado como apêndice deste trabalho. Para a criação e estruturação do guia ambiental foram realizadas pesquisas em guias páticos e/ou manuais utilizados em outras atividades e/ou segmentos, a fim de buscar a melhor apresentação e compreensão do conteúdo apresentado, adaptando as partes constituintes, criando uma sequência lógica de “passo a passo”, desde o início da construção até sua conclusão total.

Por fim, um estudo de caso foi realizado para uma análise crítica de uma obra frente às questões ambientais apontadas no referencial teórico e principalmente tomando-se como base o guia ambiental elaborado.

4 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

4.1 HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Na década de 90, países europeus, EUA e Canadá desenvolveram as primeiras metodologias de avaliação ambiental de edifícios para auxiliar no cumprimento de metas ambientais locais estabelecidas a partir da ECO'92. Com a difusão dos conceitos de projeto ecológico (Green Design) e construções verdes (Green Building), as avaliações ambientais se tornaram necessárias para quantificar e qualificar os investimentos e benefícios da construção sustentável.

No entanto, segundo Silva et al. (2002), os principais sistemas de avaliação internacionais concentram-se exclusivamente na dimensão ambiental da sustentabilidade. Mas, no caso do Brasil deve-se saltar da avaliação ambiental para a avaliação de sustentabilidade dos edifícios e contemplar também os aspectos sociais e econômicos relacionados à produção, operação e modificação do ambiente construído.

A aplicação de sistemas de avaliação ambiental de edifícios se tornou uma prática em diversos países da Europa, assim como nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e Japão.

O mais conhecido dos sistemas de avaliação ambiental de edifícios é o BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) criado no Reino Unido em 1990. O BREEAM foi pioneiro e embasou vários sistemas orientados para o mercado como o LEEDTM (Leadership in Energy and Environmental Design) elaborado por membros do USGBC (United States Green Building Council) em 1999 e o CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) apresentado em 2002 pela Japan Sustainability Building Consortium (JSBC). Entre os métodos orientados à pesquisa metodológica estão: o BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria) de 1993 e seu sucessor, o GBC (Green Building Challenge) desenvolvido por um consórcio internacional iniciado pelo Canadá em 1996.

O GBC procura diferenciar-se como uma nova geração de sistemas de avaliação, desenvolvido especificamente para ser capaz de refletir as diferentes prioridades, tecnologias, tradições construtivas e valores culturais de diferentes países ou regiões em um mesmo país. O GBC desenvolve uma metodologia de avaliação que pode ser incrementada ou simplificada para atender às necessidades de cada local. O objetivo geral deste sistema é prover uma base

metodológica sólida e a mais científica possível, dentro das limitações atuais de conhecimento (SILVA, 2002). As pesquisas desenvolvidas pelo GBC são divulgadas nas conferências internacionais “Sustainable Buildings” (Construções Sustentáveis) que ocorrem periodicamente e envolvem a participação de diversos países.

O Brasil formalizou a sua integração ao projeto GBC durante a Conferência “Sustainable Building” 2000 com a apresentação das intenções e estratégias da equipe brasileira para o desenvolvimento de uma metodologia nacional de avaliação de impactos ambientais de edifícios. Uma nova metodologia desenvolvida por Silva (2003) ampliou o escopo tradicional de avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade de edifícios através da incorporação de aspectos socioeconômicos.

Segundo Silva (2003), é fundamental desenvolver um método a luz das prioridades, condições e limitações brasileiras. Através das questões metodológicas exploradas nos modelos internacionais, e em consulta às partes interessadas da construção civil no Estado de São Paulo, delinearam-se as diretrizes para o desenvolvimento de um método nacional de avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios.

4.2 PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Construções sustentáveis não somente representam menor impacto ambiental e redução de uso de energia e água, mas também melhor qualidade de vida aos seus usuários.

Segundo Plessis (s.d), a aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável ao ciclo global da construção, desde a extração e beneficiamento das matérias primas, passando pelo planejamento, projeto e construção de edifícios e infra-estrutura, até a sua desconstrução final e gestão dos resíduos dela resultantes. É um processo holístico que visa restaurar e manter a harmonia entre o ambiente natural e o ambiente construído, criando, ao mesmo tempo, aglomerados humanos que reforcem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica.

Nove princípios da Construção Sustentável, segundo os sistemas de certificação que são referência na área de construção sustentável no mundo - BREEAM (Inglaterra), Green Star (Austrália), LEED (Estados Unidos) e HQE (França), existem e norteiam as diretrizes de uma obra que se proponha a ser ambientalmente equilibrada. São eles:

1. Planejamento Sustentável da Obra;
2. Aproveitamento passivo dos recursos naturais;
3. Eficiência energética;
4. Gestão e economia da água;
5. Gestão dos resíduos na edificação;
6. Qualidade do ar e do ambiente interior;
7. Conforto termo-acústico;
8. Uso racional de materiais;
9. Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

Segundo Amorim (2000) o “Environmental Building News”, ou EBN, propõe uma lista de prioridades para os edifícios sustentáveis, dentre os quais se podem destacar:

- Economizar energia: projetar e construir edifícios energeticamente eficientes. O uso contínuo de energia é provavelmente o maior impacto ambiental específico de um edifício, e por isso o projeto energeticamente eficiente deve ser a prioridade número um. Isto se relaciona com diversos aspectos, dentre eles a utilização de fontes energéticas renováveis, a minimização das cargas de aquecimento e refrigeração, a otimização da luz natural, etc.
- Construir edifícios “saudáveis” com conforto ambiental e segurança: por exemplo, através da introdução da luz e ventilação naturais onde for possível.
- Maximizar a longevidade dos edifícios: projetar pensando na duração e possibilidade de adaptação funcional dos edifícios ao longo do tempo. Quanto mais dura um edifício, maior é o período de tempo no qual os impactos ambientais serão amortizados.
- Reciclar edifícios: reutilizar edifícios e infra-estruturas existentes. Os edifícios existentes contêm uma enorme quantidade de recursos culturais e materiais, e conferem identidade aos lugares. Mas a prioridade é otimizar a eficiência energética, mesmo em reformas.

Em geral os passos sustentáveis para um novo modelo de construção, devem basear-se nas recomendações abaixo:

- A aplicação de conceitos projetuais bioclimáticos;
- Minimizar o uso de recursos minerais não-renováveis, energia e água;
- Escolher recursos, processos e materiais de baixo impacto ambiental:

Selecionando os materiais de acordo com os processos e o uso de energia de maior ecocompatibilidade (biomateriais);

- Otimizar a vida útil das edificações: Projetar visando a maior durabilidade possível;
- Aumentar a vida útil dos materiais: Projetar em função da valorização (reaplicação) dos materiais;
- Garantir plenas condições de segurança do trabalho a todos os profissionais envolvidos;
- Implantar plano de gerenciamento de resíduos na obra, quando possível reutilizar na obra sem prejudicar sua qualidade e segurança ou se responsabilizar pelo destino adequado aos mesmos;
- Facilitar a 'desconstrução': Projetar de forma a possibilitar a separação dos materiais para reaproveitamento e reciclagem.

4.2.1 Tipos de Construções Sustentáveis

Os principais tipos de Construção Sustentável resumem-se, praticamente, a dois modelos:

a) construções coordenadas por profissionais da área e com o uso de ecomateriais e tecnologias sustentáveis modernos, fabricados em escala, dentro das normas e padrões vigentes para o mercado;

b) sistemas de autoconstrução (que incluem diversas linhas e diretrizes), que podem ou não ser coordenados por profissionais (e por isso são chamados de autoconstrução). Incluem grande dose de criatividade, vontade pessoal do proprietário e responsável pela obra e o uso de soluções ecológicas pontuais (para cada caso).

- Construídas com materiais sustentáveis industriais - Construções edificadas com produtos fabricados industrialmente que respeitam os aspectos ambientais, adquiridos prontos, com tecnologia em escala, atendendo a normas, legislação e demanda do mercado. É a mais viável para áreas de grande concentração urbana, porque se inserem dentro do modelo sócio-econômico vigente e porque o consumidor/cliente tem garantias claras, desde o início, do tipo de obra que estará recebendo.

- Construídas com reuso de materiais de origem urbana, tais como garrafas PET,

latas, cones de papel acartonado, etc. Comum em áreas urbanas ou em locais com despejo descontrolado de resíduos sólidos, principalmente onde a comunidade deve improvisar soluções para prover a si mesma a habitação. É também um modelo criativo de Autoconstrução, que ocorre muito nas periferias dos centros urbanos ou junto a profissionais com espírito criativo.

- Construídas com materiais de reuso (demolição ou segunda mão). Esse tipo de construção incorpora produtos convencionais e prolonga sua vida útil, e requer pesquisa de locais para compra de materiais, o que reduz seu alcance e reprodutibilidade. Este sistema construtivo emprega, em geral, materiais convencionais fora de mercado. É um híbrido entre os métodos de Autoconstrução e a construção com materiais fabricados em escala, sendo que estes não são sustentáveis em sua produção.

- Construções naturais. Faz uso de materiais naturais disponíveis no local da obra ou adjacências (terra, madeira, bambu, etc.), utilizando tecnologias sustentáveis de baixo custo e dispêndio energético. Exs: tratamento de efluentes por plantas aquáticas, energia eólica por moinho de vento, bombeamento de água por carneiro hidráulico, blocos de adobe ou terra-palha, design solar passivo. Método construtivo adequado principalmente para áreas rurais ou quando se dispõe de áreas que permitam boa integração com elemento vegetal, nas quais haja pouca dependência das habitações vizinhas e dos fornecimentos (água, luz, esgoto) pelo Poder Público. Sistema que se insere nos princípios da Autoconstrução.

4.3 A ECOEFICIÊNCIA

A ecoeficiência é alcançada mediante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, ao mesmo tempo em que reduz progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida, a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra (WBCSD, 1992). Resulta em benefícios ecológicos e também econômicos.

A ecoeficiência possibilita a produção em conformidade com os requisitos ambientais e com identificação de oportunidades de economia na modificação de processos, enquanto a conformidade normativa possibilita, apenas, o atendimento a requisitos ambientais estabelecidos em normas técnicas (de gestão e de processos), com eventuais certificações.

Pode-se entender que o objetivo principal da ecoeficiência é maximizar o valor, enquanto minimiza os impactos ambientais adversos, minimizando a utilização de recursos e minimizando as consequências ambientais negativas provenientes das emissões (LERIPIO, 2001).

4.3.1 Benefícios da Ecoeficiência

Várias são as vantagens proporcionadas pela implantação da ecoeficiência, como: minimização dos danos ambientais, reduzindo os riscos e responsabilidades derivadas; promoção de condições ótimas de segurança e saúde ocupacional; melhoria da eficiência e competitividade, favorecendo a inovação; melhoria da imagem e do relacionamento com os órgãos ambientais e com a comunidade etc. (CEBDS, 2009).

A capacitação dos profissionais é de extrema importância dentro da concepção da ecoeficiência, uma vez que um dos instrumentos fundamentais para a redução dos desperdícios consiste no treinamento e na conscientização dos técnicos quanto à influência de seus procedimentos para a diminuição da geração de efluentes e resíduos sólidos.

4.4 PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL DA OBRA

4.4.1 O Planejamento Ambiental da Obra

Os empreendimentos da construção civil são atualmente um dos maiores causadores de impactos ao meio ambiente. As atividades relacionadas à construção, operação e demolição de edifícios promovem a degradação ambiental através do consumo excessivo de recursos naturais e da geração de resíduos. A necessidade de minimização dos impactos ambientais gerados pelas edificações e a difusão dos conceitos de desenvolvimento sustentável levaram o setor a buscar construções com melhor desempenho ambiental.

Organizações de todos os tipos estão cada vez mais preocupadas com o atingimento e demonstração de um desempenho ambiental correto, por meio do controle dos impactos de

suas atividades, produtos e serviços sobre o meio ambiente, coerente com sua política e seus objetivos ambientais. Agem assim dentro de um contexto de legislação cada vez mais exigente, do desenvolvimento de políticas econômicas e outras medidas visando adotar a proteção ao meio ambiente e de uma crescente preocupação expressa pelas partes interessadas em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável (ABNT, 2004).

Antes de iniciar o planejamento da obra é interessante entender um modelo de gestão ambiental onde, Donaire (1995) define a gestão ambiental como:

“o conjunto de procedimentos bem definidos e adequadamente aplicados que visam reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente. O ciclo de atuação da gestão ambiental deve cobrir desde a fase de concepção do projeto até a eliminação efetiva dos resíduos gerados pelo empreendimento”.

Segundo Meyer (2000), o modelo de gestão ambiental, pode ser apresentado de forma esquemática, objeto, meios, instrumentos e base de atuação, descrito a seguir:

Objeto: manter o meio ambiente saudável, de forma a atender as necessidades humanas atuais, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras;

Meios: atuar sobre as alterações causadas no meio ambiente pelo uso e/ou descarte dos bens e detritos gerados pelas atividades humanas, a partir de um plano de ação viável técnica e economicamente, com prioridades previamente definidas;

Instrumentos: monitoramentos, controles, taxações, imposições, subsídios, divulgação, obras e ações mitigadoras, além de treinamento e conscientização;

Base de atuação: diagnósticos e prognósticos (cenários) ambientais da área de atuação, a partir de estudos e pesquisas dirigidos à busca de soluções para os problemas que forem detectados.

O planejamento ambiental da obra busca alterações nos processos produtivos, qualificação de mão-de-obra especializada e reestruturação das fases de projeto e planejamento, visando, sobretudo, redução das perdas de materiais, ganhos econômicos e, como consequência, redução dos impactos no meio ambiente.

A construção sustentável pode utilizar-se da metodologia de gestão descrita pela NBR-ISO 14001 (2004), conhecida como Plan-Do-Check-Act (Planejar–Executar–Verificar–Agir). O PDCA pode ser brevemente descrito da seguinte forma:

Planejar: Estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados em concordância com a política ambiental da organização.

Executar: Implementar os processos.

Verificar: Monitorar e medir os processos em conformidade com a política ambiental, objetivos, metas, requisitos legais e outros, e relatar os resultados.

Agir: Agir para continuamente melhorar o desempenho do sistema da gestão ambiental.

O sucesso do sistema depende do comprometimento de todos os níveis e funções e especialmente da alta hierarquia da obra. O sistema de gestão ambiental permite a uma organização desenvolva intenções e princípios gerais em relação ao seu desempenho ambiental, a fim de estabelecer objetivos e processos para atingir os comprometimentos buscando sempre a ecoeficiência.

Para dar o primeiro passo na sustentabilidade da obra a racionalização pode ser uma alternativa em curto prazo, onde o primeiro plano é a racionalização de técnicas construtivas e em segundo plano é o aperfeiçoamento da atividade construtiva buscando o desempenho ótimo. A racionalização está intimamente ligada à geração de Resíduos da Construção Civil, como relata Sabbatini (1989):

“Racionalização da construção é o processo dinâmico que torna possível a otimização do uso dos recursos humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país e de acordo com a realidade socioeconômica própria.”

Atualmente, o conceito de racionalização torna-se cada vez mais sistêmico, abrangendo todos os intervenientes da cadeia produtiva da construção civil. Neste sentido, percebe-se algumas iniciativas, como a da normalização e certificação de produtos e serviços, assim como programas educacionais promovidos por instituições públicas e privadas. Tais esforços, porém, são ainda incipientes frente à realidade atual (FRAGA, 2006).

Após o conceito de racionalização, a importância de controle de qualidade na obra faz-se necessário, pois busca a garantia de sucesso no processo construtivo. Englobando a busca por qualificação de profissionais de projeto e de novos projetos; coordenação e análise crítica de projetos; controle da qualidade de projetos; controle de modificações durante a produção; e parâmetros de projeto relacionados com o tempo, necessitando assim de um planejamento adequado.

Planejar significa decidir antecipadamente (ACKOFF et al., 1984 apud FREZATTI, 1999). Decidir implica em analisar e escolher alternativas de ações, segundo nossas preferências, disponibilidades, custos, grau de risco, etc. (FREZATTI, 1999). Esse processo

de planejamento, sem um posterior acompanhamento (controle) do que foi executado, é algo sem valor. É tempo (dinheiro) jogado fora.

Planejamento e controle de projetos, de uma forma ampla, é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas nas atividades do projeto a fim de atender os seus requisitos. Ele pode ser mais bem explicado através dos processos que o compõem, que podem ser reunidos em cinco grupos de processos: iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento (PMI, 2007).

Durante todos estes processos de gerenciamento de um projeto, o conhecimento sobre sustentabilidade ambiental por todos os funcionários envolvidos na mesma possui grande utilidade e apresenta uma importante ferramenta na execução de trabalho nos processos diários que envolvem um projeto de construções sustentáveis.

Posterior ao planejamento vem o controle do que foi executado. Pode-se dizer que este controle, no caso de uma obra, é o processo pelo qual o engenheiro responsável verifica se os recursos necessários à execução de determinado serviço são obtidos e utilizados com eficiência e de acordo com o planejado. Por recursos, entende-se os materiais e insumos, assim como a mão-de-obra.

Segundo Ghinato (1996 apud BERNARDES, 2001), não se deve confundir controle com monitoramento. O controle implica numa supervisão feita pelos responsáveis sobre os trabalhadores e numa verificação dos resultados das atividades exercidas pelos mesmos. Esse controle quase sempre resulta em ações corretivas em tempo real. Já o monitoramento é apenas a comparação do executado com o planejado, com a determinação das causas das possíveis falhas.

As falhas oriundas do planejamento que geram deficiências e resultam em um planejamento ineficaz segundo alguns autores, são:

O controle é feito baseado em trocas de informações verbais com o mestre-de-obras, sem ser pró-ativo, visando o curto prazo, sem conexão com o plano de longo prazo, o que resulta em aplicações ineficientes de recursos (FORMOSO, 1991 apud BERNARDES, 2001);

O planejamento e o controle na construção civil são voltados para o empreendimento como um todo, preocupando-se com o desempenho global, sem fazer uma análise de cada unidade produtiva. Com isso, a identificação de problemas nas unidades construtivas e definição de ações corretivas tornam-se algo difícil de ser executado (BALLARD & HOWELL, 1997 apud BERNARDES, 2001);

Devido à formação dada nos cursos de graduação de engenharia, há uma dificuldade

em mudar as práticas profissionais dos funcionários envolvidos no planejamento. Em geral, estes cursos focalizam apenas as técnicas de preparação de planos, negligenciando as demais etapas do processo, como, por exemplo, a coleta de dados e a difusão dos planos (LAUFER & TUCKER, 1987 apud BERNARDES, 2001).

Diante do exposto, percebe-se que o planejamento e o controle são de vital importância no processo de busca pela ecoeficiência no que diz respeito ao setor de construção civil. Assegurando que as questões ambientais sejam contempladas já nos primeiros passos do planejamento da obra, assegurando a relação entre o meio ambiente e o ser humano, dando maior ênfase ao aspecto sócio-ambiental e adotando novas tecnologias.

4.4.2 O Gerenciamento Ambiental da Obra

A gerência na construção civil tem sido um ponto muito visado na crescente busca por qualidade, baixo custo e maior rapidez nos processos de implementação de um empreendimento. Mas por dispor de estruturas gerenciais enxutas, as empresas deste setor encontram maiores dificuldades em se adaptar às técnicas e inovações gerenciais (JUNGLES, 2006).

Segundo ABNT-ISO 14001 (2004), a alta administração da organização deve indicar representante(s) específico(s) da administração, o(s) qual(is), independentemente de outras responsabilidades, deve(m) ter função, responsabilidade e autoridade definidas para:

- Assegurar que um sistema da gestão ambiental seja estabelecido, implementado e mantido em conformidade com os requisitos desta Norma.
- Relatar à alta administração sobre o desempenho do sistema da gestão ambiental para análise, incluindo recomendações para melhoria.
- Falar em gerenciamento na construção civil é chamar a atenção para as etapas do ciclo do empreendimento, que são as fases de concepção, projeto, execução e operação.

Especialmente na fase de execução, somos desafiados a promover a integração e desenvolvimento com eficiência do projeto, suprimentos, construção e aplicação dos recursos financeiros. É função do gerenciamento superar estas dificuldades, buscando soluções adequadas para cada situação (NETTO, 1988).

Segundo este mesmo autor, os principais objetivos que se deve ter ao adotar um

sistema de gerenciamento são a garantia do cumprimento de todas as metas durante a execução, a otimização dos desempenhos técnicos e de produção e a compatibilização dos custos em função do empreendimento.

Pode-se dividir o gerenciamento da construção em etapas mais específicas, que são: planejamento executivo da obra, planejamento do canteiro de obras, programação e controle qualitativo e quantitativo.

Um dos principais motivadores para a execução do planejamento e controle ambiental da obra é a Produção mais Limpa, onde ocorre à busca da eficiência de processos aliada a aperfeiçoar a tecnologia buscando resultados econômicos e ambientais. A Produção mais Limpa não trata simplesmente do sintoma, mas tenta atingir as raízes do problema.

Para os países em desenvolvimento como o Brasil, a Produção Mais Limpa aparece como uma alternativa para a busca de soluções para os problemas ambientais, pois através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e do Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) estão sendo criados Centros Nacionais de Tecnologias Limpas (CNTL), com o intuito de promover práticas organizacionais ambientalmente corretas sob a perspectiva da prevenção de resíduos.

CNTL (2010) descreve que a P+L não é apenas um tema ambiental e econômico, mas também um tema social, pois considera que a redução da geração de resíduos em um processo produtivo, muitas vezes, possibilita resolver problemas relacionados à saúde e à segurança ocupacional dos trabalhadores. Desenvolver a P+L minimiza estes riscos, na medida em que são identificadas matérias-primas e insumos menos tóxicos, contribuindo para a melhor qualidade do ambiente de trabalho.

Conforme Valle (1995), com a adoção de tecnologias limpas, os processo produtivos utilizados na empresa devem passar por uma reavaliação e podem sofrer modificações que resultem em:

- 1º) Eliminação do uso de matérias-primas e de insumos que contenham substâncias perigosas;
- 2º) Otimização das reações químicas, tendo como resultado a minimização do uso de matérias-primas e redução, no possível, da geração de resíduos;
- 3º) Segregação, na origem, dos resíduos perigosos e não perigosos;
- 4º) Eliminação de vazamentos e perdas no processo;
- 5º) Promoção e estímulo ao reaproveitamento e à reciclagem interna;
- 6º) Integração do processo produtivo em um ciclo que também inclua as alternativas

para a destruição dos resíduos e a maximização futura do reaproveitamento dos produtos.

4.4.3 A Logística Ambiental de Canteiro de Obra

Na logística dos materiais, deve-se sempre explorar a valorização e o aproveitamento dos materiais de construção sempre havendo uma preocupação em manter nível de serviço e a efetividade da obra, onde o fluxo de material construtivo deve levar em consideração o fornecimento apenas do necessário.

O planejamento aliado a logística sustentável gera a operação e controle dos fluxos materiais, financeiros e de informação não busca somente a satisfação das demandas com a melhor relação de custo e serviço, mas também aperfeiçoar neste processo os fatores ambientais e humanos que agregam valor ao produto ou serviço direta e indiretamente, para garantir a sua efetividade.

Assim, com a não produção e circulação de bens em volume desnecessários teremos a logística ligada à ecoeficiência. Esta poderia ser alcançada mediante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, ao tempo que reduz progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida, a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra. (WBCSD, 2003 apud JAPPUR, 2004).

Para que se obtenha uma logística sustentável de canteiro eficiente, deve se atentar para algumas atividades, como:

- Controle dos fluxos físicos ligados à execução;
- Gestão das interfaces entre os agentes;
- Gestão da praça de trabalho;
- Gestão de resíduos sólidos;
- Gestão de energia;
- Gestão da água.

Os três primeiros itens destaca Cardoso (1996), compreendem as atividades essenciais numa logística de canteiro, os sub sequentes são considerados levando em consideração modelos de certificação ambiental de construções. A logística de canteiro deve ser preparada antes do começo da obra, devendo ser levados em consideração no “layout” do canteiro, locais para descargas próximas ao local de descarte de embalagens, zonas de

estocagem com controle para evitar perdas e quebras, zonas para pré-fabricação se for o caso, locais de depósitos de resíduos sólidos, eficiência energética do canteiro de obra e controle de desperdício e aproveitamento de água. Facilitando assim o fluxo dos materiais e dos trabalhadores, gerando atenção para a o controle ambiental da obra.

As atividades devem ser bem planejadas de modo que uma equipe não atrapalhe o serviço das outras, nem que haja o favorecimento do trabalho de uma equipe em relação às outras.

A equipe da obra (engenheiro, mestre, técnico) desempenhará um papel importante na organização e na gestão da mão-de-obra, e deverá observar como a obra está transcorrendo, coletar dados que possam ser aproveitados para melhorar tanto o “layout” do canteiro, a gestão das interfaces e o controle dos fluxos físicos ligados à execução, inclusive possíveis falha da gestão ambiental da obra.

E ainda, a equipe deverá detectar se alguma disfunção está ocorrendo como, por exemplo, desperdício de materiais oriunda da má qualificação da mão-de-obra, falta de cuidado em manuseio materiais intensificando as perdas e gerando maior quantidade de resíduos sólidos, desperdício de água e energia, problemas de comunicação ou ainda atrasos nos prazos de entrega e na qualidade da entrega, que prejudiquem tanto a logística de canteiro quanto a logística de rua, onde a equipe deverá tomar as medidas necessárias para corrigi-las.

Segundo Cardoso (1996) os aspectos essenciais à logística de rua são:

- Gestão da logística de suprimento de materiais e componentes;
- Constituição de um serviço de compra eficiente;
- Elaboração de mecanismos de seleção de fornecedores;
- Desenvolvimento de boas relações com os fornecedores.

Na gestão da logística de suprimento de materiais e componentes, deve ser levado em conta o ambiente no qual a obra se insere, como deverá ser o transporte, quais serão os fatores que irão influenciar no transporte e no descarregamento como, por exemplo, se a rua é muito movimentada, se há feira em algum dia da semana, se há escola por perto, etc.

E ainda, deverá ser considerado o gerenciamento dessas atividades para que não haja problemas, como a chegada de vários materiais ou componentes num mesmo instante à obra.

A seleção dos fornecedores também é indispensável, para a busca de materiais e serviços ecoeficientes, a empresa deverá elaborar um cadastro de fornecedores tendo como base os preços, o cumprimento dos prazos de execução ou de entrega combinados, conformidade do serviço ou do produto e outros itens que a empresa julgar pertinentes.

A relação com os fornecedores além de priorizar o aspecto como a distância em relação à obra e que tenham certificação ambiental, deve firmar acordos visando otimizar as embalagens visando a redução da quantidade de resíduos; paletização dos blocos cerâmicos, com a redução de perdas e formação de entulho.

Essa prática de qualificar fornecedores é sempre vantajosa, pois se reflete diretamente na qualidade da obra e na diminuição dos custos da obra e dos processos de inspeção. Esses benefícios podem se acentuar no caso de uma parceria entre o fornecedor e a empresa, que irá permitir uma melhor troca de informações, um melhor desenvolvimento de produtos e dos processos, melhor treinamento de funcionários, etc.

Mas para que se obtenha esse tipo de parceria, o conceito de eficiência do setor de compras não deve ser associada apenas à idéia de preço pago, e sim às condições negociadas de desenvolvimento mútuo entre os parceiros e de uma cadeia logística de suprimentos que promova a racionalização da obra.

Para esclarecer melhor a forma de minimizar desperdício pode-se aplicar o Sistema Toyota de Produção tem como objetivo aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios. O que se procura fazer é olhar a linha do processo produtivo desde o momento em que o cliente solicita um produto, que gera uma ordem de serviço até o ponto em que o cliente paga e recebe o bem.

Desta feita, o objetivo central deste sistema é reduzir drasticamente o tempo de produção e os desperdícios oriundos de um processo produtivo inadequado e que não agrega valor. Considera-se que a capacidade de produção seja igual ao trabalho real necessário para executar a atividade acrescido do desperdício que ocorre durante a execução da atividade, ou seja, Capacidade de Produção = Trabalho + Desperdício.

Logo, para que se obtenha uma melhoria na eficiência deve-se produzir zero desperdício. Para que isso ocorra é preciso identificar-se completamente os desperdícios. Entre os tipos mais comuns destacam-se, segundo Ohno (1997):

- Desperdício de superprodução;
- Desperdício de tempo disponível (espera);
- Desperdício em transporte;
- Desperdício do processo em si;
- Desperdício de estoque disponível (estoque);
- Desperdício de movimento;
- Desperdício de produzir produtos defeituosos.

A eliminação completa desses desperdícios pode aumentar a eficiência consideravelmente.

O Sistema Toyota utiliza-se da detecção de defeitos que rapidamente relaciona cada problema, utilizando-se de técnicas analíticas que auxiliem aos gestores promoverem ações de soluções de problemas, tornando o processo produtivo robusto em sua ação de negócio.

Dentro desta filosofia, junto com aplicação da norma ABNT-ISO 14001 (2004), conclui-se que é imperioso que o processo de trabalho deva ser feito por equipes.

Com a necessidade em aplicar qualificações aos trabalhadores, para executar determinada tarefa dentro da equipe, buscando sempre a rotatividade das tarefas e a substituição de um companheiro no caso de ausências. É necessário ainda que esses trabalhadores desenvolvam qualificações adicionais (conscientização, o conhecimento, a compreensão e as habilidades necessárias) no que diz respeito gestão ambiental da obra, para que possam realizar tarefas visando resultados ecoeficientes, como:

- Controle de qualidade, visando o não desperdício e aproveitamento de materiais;
- Limpeza, separação de resíduos sólidos em áreas estabelecidas, evitar lançamentos de produtos no solo no solo;
- Solicitação de materiais, melhorando a logística de materiais;
- Consumo consciente de água, energia e uso racional de matérias-primas e recursos naturais.

Ou seja, os trabalhadores devem ser utilizados ao máximo e incentivados a introduzir melhorias em vez de solucionar problemas. Para que se tenha uma mão-de-obra qualificada e uma capacidade de introduzir melhorias, a informação semanal sobre aspectos ambientais da obra é um processo educativo e que pode levar certo tempo para aplicação, o mestre-de-obras deve estar ciente das características de uma construção sustentável e sempre atendo aos funcionários quando necessário para corrigi-los (capacitação do pessoal, especialmente daqueles que desempenham funções especializadas da gestão ambiental).

A comunicação interna é importante para assegurar a eficaz implementação do sistema da gestão ambiental. Os métodos de comunicação interna podem incluir reuniões regulares de grupos de trabalho, boletins informativos, quadros de aviso e intranet (ABNT, 2004).

A grande dificuldade em obter serviços com qualificação da mão-de-obra na construção civil é uma realidade brasileira. Para uma construção sustentável é fundamental

uma conscientização dos operários frente à sustentabilidade ambiental da obra. A empresa que busca se utilizar de filosofia de construção sustentável deverá aplicar seus princípios transferindo ao máximo este conceito na realização de tarefas e responsabilidades para os trabalhadores, que realmente vão tornar realidade a sustentabilidade ambiental da obra agregando valor ao produto e ao meio ambiente.

Nos últimos anos, vêm sendo realizados grandes esforços no sentido de introduzir a Qualidade Total na construção. Porém, ocorre que a construção possui características singulares que dificultam a aplicabilidade das teorias modernas da qualidade, ou seja, a mesma requer uma adaptação específica de tais teorias. Souza (1995) descreve algumas peculiaridades da construção, que dificultam a transposição de conceitos e ferramentas da qualidade aplicados no setor, são eles:

- A construção é uma indústria de caráter nômade;
- Cria produtos únicos e não seriados;
- É uma indústria muito tradicional, com grande inércia às alterações;
- O grau de precisão com que se trabalha é, em geral, muito menor do que em outras indústrias;
- A construção, de maneira geral, realiza seus trabalhos sob intempéries.

A Caixa Econômica Federal (2001) descreve que nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil, que lhe dá suporte, passe por profundas transformações. Entre elas, a otimização produtiva, a melhoria na qualidade dos materiais empregados e a melhoria na qualificação da mão-de-obra são fundamentais.

De acordo com Thomaz (2001), a simples aplicação de melhores técnicas de gerenciamento, na maioria das vezes, não pode assegurar que foi adotado o processo ou a técnica construtiva mais adequada, ou que foi escolhido o recurso mais eficiente para a otimização da qualidade e para a prevenção das falhas. Considera que ao lado da implementação dos programas de gestão da qualidade, é indispensável a incorporação efetiva de novos conhecimentos técnicos aos processos de projeto e construção.

A busca pela sustentabilidade ambiental do processo construtivo de uma obra é resultante do seu planejamento e gerenciamento, da organização do canteiro de obras, das condições de higiene e segurança do trabalho, da correta operacionalização dos processos administrativos em seu interior, do controle de recebimento e armazenamento de materiais e equipamentos e da qualidade na execução de cada serviço específico do processo de produção, onde o controle destes processos é fundamental para atingir a ecoeficiência.

A responsabilidade ambiental implica na reorientação do processo de produção, em resposta às novas necessidades, à capacidade de reação da indústria, atualmente pode-se perceber que os agentes envolvidos no setor de construção civil, em nível nacional, têm buscado alternativas para melhorar a qualidade dos serviços e produtos empregados no setor.

4.4.4 Realização de Estudos de Impacto Ambiental

Realização de estudos de impacto ambiental é um instrumento de auxílio ao planejamento de projetos mais amigáveis ao meio ambiente, identificando e avaliando os impactos e riscos do empreendimento e propondo as medidas de gestão ambiental a serem adotadas para minimizar os prejuízos ambientais

A construção civil é uma atividade que engloba variados sub-setores e é responsável por uma gama de impactos, que vão desde a extração da matéria-prima, à produção de materiais, passando pela construção residencial e obras de infra-estrutura (SILVA, 2002).

Os principais impactos ambientais decorrentes da extração de recursos naturais são a escassez de fontes e jazidas, além de alterações na flora e fauna do entorno destes locais de exploração (DEGANI, 2002).

O estudo de impacto ambiental pressupõe o controle preventivo de danos ambientais. Uma vez constatado o perigo ao meio ambiente, deve-se ponderar sobre os meios de evitar ou minimizar o prejuízo.

A Constituição Federal de 1988 determinou em seu art. 225, § 1º, IV, que incumbe ao Poder Público “exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade”. Nesse estudo, avaliam-se todas as obras e todas as atividades que possam causar séria deterioração ao meio ambiente.

Compreende-se como impacto ambiental qualquer deterioração do meio ambiente que decorre de atividade humana. A Resolução n. 1/86 do CONAMA, em seu art. 1º, considera impacto ambiental “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam:

- A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- As atividades sociais e econômicas;

- A biota;
- As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- A qualidade dos recursos ambientais.

O objeto desse estudo prévio consiste em avaliar todas as obras e atividades que possam acarretar alguma deterioração significativa ao meio ambiente, seja um dano certo ou incerto. Além de atender aos princípios e objetivos da Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, o estudo de impacto ambiental (EIA) deverá ter como diretrizes gerais:

I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;

II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;

III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade. (Resolução n.1/86, art. 5º).

A avaliação do risco, a grandeza do impacto e a análise do grau de reversibilidade do impacto ou a sua irreversibilidade estarão contidos nesse estudo. Diagnosticados esses dados, o próprio EIA indicará providências para evitar ou atenuar os impactos negativos inicialmente previstos, juntamente com a elaboração de um programa de acompanhamento e monitoramento destes.

A elaboração do estudo de impacto ambiental deve ficar a cargo de uma equipe multidisciplinar formada por técnicos nos diversos setores necessários para uma completa análise dos impactos ambientais positivos e negativos do projeto, para confecção de um estudo detalhado sobre a obra ou atividade.

Os instrumentos de realização dos princípios da prevenção e da precaução, como é o caso do Estudo de Impacto ambiental e seu relatório, não têm por finalidade impedir o desenvolvimento de atividades econômicas e sociais. O controle preventivo realizado por esse instrumento é de fundamental importância, pois requer uma atuação conjunta do Poder Público, da sociedade civil e da comunidade científica, que devem se harmonizar em um objetivo único: aliar o desenvolvimento social e econômico à preservação do meio ambiente e da própria espécie humana. Para isso, faz-se necessário o princípio da participação. Todo

cidadão deve ter acesso a informações ambientais e participar do processo de tomada de decisões por parte do Estado (BITTENCOURT, 2009).

4.4.5 Análise de Ciclo de Vida da Obra e Materiais

A metodologia da Análise do Ciclo de Vida, ACV, cada vez mais integrada aos processos de tomadas de decisões em empresas e órgãos governamentais, tem se mostrado de fundamental importância na quantificação de impactos ambientais e na avaliação das melhorias do ciclo de vida de processos, produtos e atividades desenvolvidas no meio industrial.

Dentre os instrumentos de gestão ambiental, merece destaque a técnica de Análise do Ciclo de Vida (ACV), cuja estrutura e aplicação são especificadas pelo conjunto de normas da série ISO 14000. A ISO 14040 estabelece os princípios gerais e diretrizes; a ISO 14041 aborda os procedimentos de definição dos objetivos e escopo do estudo de ACV e a análise de inventário; a ISO 14042 aborda a avaliação de impactos ambientais do ciclo de vida.

De uma forma geral, estas normas, amplamente difundidas nos meios empresariais e industriais de países desenvolvidos, versam sobre a estrutura geral, os princípios e alguns requisitos metodológicos para a condução de estudos de avaliação de aspectos ambientais e impactos potenciais associados ao ciclo de vida de produtos, processos ou serviços. Suscitam, portanto, um diagnóstico detalhado das condições de extração de matérias-primas, produção, distribuição, utilização e disposição final existentes em um processo produtivo, e auxiliam na elaboração de estratégias que possibilitem a minimização de custos e otimização do fluxo de materiais e energia no sistema analisado. É essencial ressaltar que o benefício proporcionado por essa prática pode também ser estendido ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

A técnica de Análise do Ciclo de Vida é basicamente constituída pelas fases de definição do objetivo e do escopo do estudo, análise do inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados.

A primeira fase é a definição do objetivo e escopo do estudo, é necessário destacar a importância em se identificar as razões pelas quais o estudo esteja sendo conduzido, sua abrangência e suas fronteiras. Isso auxilia a aquisição de informações que serão de grande utilidade nas etapas posteriores, a exemplo da fase de inventário, proporcionando maior confiabilidade de resultados (BAUMANN & TILLMAN, 2004).

Estabelecer a unidade funcional do sistema em avaliação, com base em uma mesma função exercida, durante um determinado período de tempo é fundamental nesta primeira fase. Este procedimento é essencial na realização de comparações entre sistemas, permitindo uma avaliação baseada em considerações equivalentes, referentes a aspectos, como desempenho, qualidade dos dados e procedimentos de alocação.

A definição dos limites do sistema permite a determinação das unidades de processo que devem ser incluídas na ACV e a identificação dos diversos fluxos de entradas e saídas. Viabiliza também a associação dos resultados, obtidos na etapa de análise de inventário, a categorias de impactos e, portanto a modelagem do sistema (ABNT, 2001).

A fase de análise de inventário são considerados e descritos os fluxos de entrada e saída de matéria e energia do sistema em estudo, de acordo com os aspectos definidos na fase anterior. Este procedimento auxilia na identificação de dados úteis ao estudo e na realização de possíveis alterações nos procedimentos de coleta de dados ou revisão dos objetivos e escopo do estudo (FRANKL & RUBIK, 2000), sendo indispensável na avaliação quantitativa de impactos ambientais.

Na fase de avaliação de impactos ambientais, os resultados da análise de inventário do ciclo de vida são utilizados na avaliação de significância de impactos ambientais potenciais (ABNT, 2001). Torna-se fundamental selecionar categorias de impactos de relevância, com as quais os dados resultantes da análise de inventário serão relacionados. Posteriormente, através da utilização de modelos, procedem-se a análise, a quantificação e o cálculo dos impactos classificados em cada uma das categorias escolhidas.

O impacto ambiental gerado por edificações depende de inúmeros aspectos e das decisões tomadas por diversos agentes, atuando nas diversas fases de seus ciclos de vida. A aplicação da ACV pode levar à previsão de prováveis impactos ambientais e econômicos decorrentes das escolhas realizadas durante o processo de planejamento, construção e ocupação das edificações (PEUPORTIER, 2001).

O emprego da ACV no ramo da construção civil se distingue dos demais por apresentar maior índice de longevidade, estendendo-se por algumas décadas ou mesmo séculos. Já as mercadorias industrialmente produzidas, em geral, caracterizam-se por um período de vida útil de semanas ou meses.

Devido à complexidade da linha de produção, às diferentes características e à variedade de formas de utilização e ocupação das obras de engenharia, torna-se mais complicado quantificar e avaliar os custos de produção e os impactos ambientais.

Além das diferenças temporais, a estruturação das informações inerentes ao processo construtivo ainda encontra-se precária, comprometendo a precisão dos resultados dos estudos realizados (EUROPEAN COMMISSION, 1997). No entanto, apesar das adaptações necessárias, o estudo voltado ao setor da construção civil deve ser fundamentado na estrutura de avaliação recomendada pela Norma ISO 14040.

A unidade funcional pode ser representada pela edificação como um todo ou por componentes isolados, como peças cerâmicas, sistemas de aquecimento, peças estruturais, etc, delimitada pelo período de vida útil em que estará atendendo determinada função. Como exemplo tem-se o estudo comparativo entre pisos cerâmicos e de mármore, realizado por Nicoletti, Notampeicola e Tassielli (2002), o qual objetivava identificar as principais características das fases do ciclo de vida de ambos os produtos e analisar suas performances ambientais, e a análise efetuada por Peuportier (2001) visando a comparação entre casas estruturadas em diferentes materiais (madeira e concreto) e com diferentes sistemas de controle térmico (aquecimento solar e por caldeira).

Como citado anteriormente, é necessário determinar o período de tempo em que a unidade funcional deverá estar exercendo suas funções. No primeiro estudo, por exemplo, a unidade funcional foi definida como sendo um metro quadrado de piso, com vida útil de 40 anos. Devido à sua grande influência nos resultados da Análise do Ciclo de Vida, destaca-se que a unidade funcional deve ser escolhida de forma criteriosa (CHEHEBE, 1997).

Tempos de Vida Útil Média	Processo de Construção Específico
1 a 3 anos	Projeto e construção do edifício/ obra de engenharia civil
3 a 5 anos	Tempo de manutenção e uso
10 a 15 anos	Tempo médio de uso e renovação parcial
30 a 50 anos	Tempo longo de uso e renovação total
80 a 120 anos	Tempo de vida útil de sistemas estruturais de edificações
Superior a 150 anos	Tempo de vida útil de monumentos

Tabela 1: Processos de construção civil e respectivos tempos de vida útil média

Fonte: EUROPEAN COMMISSION, (1997).

Processos externos à construção da edificação propriamente dita, como a fabricação e o transporte de materiais a serem utilizados no processo construtivo, e internos, relacionados à ocupação da edificação, poderão ser considerados, dependendo da disponibilidade de dados e recursos, do tempo disponível para a realização do estudo e dos objetivos delineados.

Segundo Peuportier (2001), o impacto ambiental resultante de processos e atividades relacionadas à construção e ocupação de edificações pode ser inicialmente avaliado com base na análise de inventários. Durante esta fase da metodologia de ACV, através de balanços de

materiais e energia, torna-se possível quantificar fluxos de entrada e saída e avaliar os impactos ambientais resultantes. Para tanto, é fundamental que se conheçam as diversas etapas do ciclo de vida de uma edificação: processos de extração e transformação de materiais e geração de energia; a etapa construtiva, propriamente dita, incluindo a necessidade de transporte de materiais para o canteiro de obras e deste para os locais de deposição de resíduos; a fase de ocupação; e a etapa de inutilização, desmantelamento de elementos construtivos e peças ou demolição da edificação. Outro aspecto a ser considerado é a criteriosa seleção das categorias de impacto, as quais influenciarão nos resultados quantitativos do estudo.

Entretanto, apesar das adaptações necessárias e limitações averiguadas, a utilização da metodologia de ACV na avaliação ambiental de sistemas e elementos construtivos permite uma análise mais detalhada e crítica da etapa de especificação de materiais e a obtenção de melhorias ambientais, e muitas vezes econômicas, nas diversas etapas do ciclo de vida do sistema avaliado.

Otimizar o ciclo de vida das edificações através de conceitos de projeto e tomada de decisões é um dos principais conceitos utilizados por Poon e Jaillon (2002), onde as estratégias adotadas foram:

- Desenvolver projetos flexíveis, que permitam aos seus futuros ocupantes evitar serviços de demolição quando da execução de reformas, manutenção de infra-estrutura elétrica e hidráulica, ou possíveis ampliações. Um exemplo típico é o uso de divisórias em gesso acartonado em substituição às divisórias em alvenaria, que permitem ser desmontadas de acordo com as necessidades de reformas ou manutenções.

- Considerar a flexibilidade de uso para garantir possíveis mudanças e, nesse sentido, adaptar o projeto às reais necessidades de seus ocupantes. Ainda no conceito de projeto flexível, o mesmo exemplo de uso de divisórias em gesso acartonado permitiria uma alteração de layout do espaço interno de edificações comerciais ou industriais, de modo a atender as demandas de uso e/ou ampliação dos locais.

- Selecionar elementos estruturais de boa qualidade, como forma de garantir a sua durabilidade durante o ciclo de vida da edificação.

- Considerar o princípio de espaços independentes na edificação (interior, áreas externas, áreas de apoio, etc.), de modo a permitir, em caso de reformas ou ampliações, a demolição de apenas as partes que serão modificadas, evitando assim, demolições desnecessárias de espaços, ou até mesmo a demolição de toda a edificação.

-Considerar o uso de materiais pré-fabricados nos projetos, em contraposição a materiais comumente utilizados na construção, como tijolos, argamassa e outros, otimizando assim, qualquer necessidade de readaptação dos espaços projetados.

-Considerar a seleção de materiais, incluindo aspectos como durabilidade, qualidade e fácil manutenção.

-Durante o desenvolvimento dos projetos, considerar o ciclo de vida da edificação como forma de visualizar os benefícios que a adoção de procedimentos citados possa trazer ao meio ambiente, no que se refere à geração do entulho.

Segundo Fraga (2006), projetos baseados no ciclo de vida das edificações são, via de regra, mais onerosos que projetos desenvolvidos sem essa preocupação. Assim, são investimentos a serem feitos com base em um retorno a longo prazo. A ACV na construção civil constitui um instrumento de grande valia nas decisões internas, na seleção de indicadores ambientais e no planejamento estratégico para obtenção de maiores retornos econômicos e maior sustentabilidade ambiental.

4.5 APROVEITAMENTO PASSIVO DOS RECURSOS NATURAIS

4.5.1 A Construção Bioclimática

Uma construção bioclimática reduz a energia consumida e, portanto, colabora de forma importante na redução dos problemas ecológicos que se derivam dela. Além de economizar nas contas mensais de água e energia. No entanto, a arquitetura bioclimática no último século parece ter sido esquecida.

O conceito de bem-estar evoluiu de uma maneira curiosa. A construção representa mais do que abrigo, como também “status” familiar e por isso, deve adequar-se a certos cânones pré-estabelecidos. Importam culturas e com ela o estilo de construção e sem analisar os aspectos do local de implantação copiando modelos prontos. Isto vale também para a população migrante que traz consigo uma forma de construir que pode ser mais adequada à região de onde saiu, agregando à construção piores qualidades de conforto (MANETTI, 2007).

Conforto Térmico é definido como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente (LAMBERTS et al., 2005).

O desempenho térmico caracteriza-se como o comportamento térmico mínimo esperado das edificações e/ou seus componentes (janelas, coberturas, paredes), visando melhores condições de conforto térmico interior e melhor racionalização energética nos equipamentos de climatização artificial. O projeto bioclimático exigirá uma análise do macroclima (clima do ecossistema em que está inserido), do mesoclima (clima regional), e previsão do microclima (clima que será formado nos arredores da construção). Para descrever o clima local pode-se utilizar o mapa referente à Figura 1.

Como por exemplo, clima local onde a obra esta inserida, coordenadas geográficas podem auxiliar a caracterização do clima (equatorial e subtropical, tropical úmido, tropical úmido com estação seca com chuvas de inverno, tropical úmido com estação seca com chuvas de verão, tropical seco, tropical úmido de altitude e subtropical), informações sobre pluviosidade e alta umidade (média anual), caracterização da variação entre as temperaturas diurna e noturna, temperatura média, radiação solar média, trajetórias solares e ventos predominantes (representados pela rosa-dos-ventos).



Figura 1: Climas Brasileiros
Fonte: IBGE, 2010.

Estas informações são fundamentais no projeto para favorecer o aproveitamento passivo dos recursos naturais, definindo a arquitetura e tecnologias aplicadas. A definição de setores de ventos predominantes leva a uma melhora de desempenho na aplicação de ventilação natural e energia eólica, a definição das trajetórias solares auxilia de forma significativa a orientação, iluminação natural e energia fotovoltaica, aproveitando ao máximo o solar passivo.

Para garantir uma eficiente ventilação natural é importante considerar aspectos relativos ao local (variáveis climáticas), ao desenho do edifício (orientação e forma), ao programa e as aberturas.

A ventilação natural é uma eficiente opção de projeto para regiões com clima tropical ou quente úmido garantida pela conjugação dos seus princípios básicos: diferença das pressões causadas pela dinâmica dos ventos e diferenças térmicas (efeito chaminé) do meio; devendo, a mesma, ser considerada em todo o processo do projeto, inclusive na concepção. Destaca-se ainda a ventilação natural, pois, além de melhorar o conforto térmico e a qualidade do ar interno, promove a troca térmica da estrutura do edifício, resfriando-o e diminuindo os gastos de energia com sistemas de climatização artificial (PERÉN et al., 2007)

Em relação à climatização passiva é recomendável incorporar técnicas da arquitetura bioclimática, como por exemplo: fachadas diferenciadas conforme a orientação, resfriamento evaporativo, sombreamento, incorporação da vegetação no isolamento da edificação, no resfriamento da edificação, resfriamento passivo noturno, por meio de vãos nas fachadas que permanecem abertos durante a noite, diminuindo assim, a massa térmica a ser esfriada ou refrigerada no dia seguinte (massa térmica – inércia térmica), camada de ar ventilada nas fachadas, captação de luz natural sem elevar excessivamente a carga térmica, vidros seletivos, deixando passar mais radiação na faixa de luz visível e menos na faixa do infravermelho, dispositivos de proteção solar externos, verticais ou horizontais para minimizar a radiação solar direta no interior.

Com relação ao acondicionamento natural recomenda: garantir melhor orientação (ventos, incidência da luz do sol) e porosidade da massa construída (massas vazadas melhoram a ventilação), promover a permeabilidade entre ambiente interno e externo, espaços de transição, otimizar a presença ativa de vegetação (sombra, resfriamento e alimento) e de água, criar sistema de pátios para integrar o ambiente visual e, funcionalmente, oferecer lugares de convívio e melhorar o desempenho da ventilação, integra a edificação aos espaços

públicos, integrando-a aos sistemas de transporte, serviços e praças (CASAGRANDE, 2009).

Roberto Sabatella Adam (2001) em seu livro *Princípios do Ecoedifício* desenvolveu critérios climáticos específicos para diferentes climas e regiões, onde são citados a seguir:

- Climas quentes e secos

Grande amplitude térmica diária, calor durante o dia e frio à noite. As coberturas e paredes são grossas (grande inércia térmica) para reter a carga térmica proveniente do aquecimento solar que incide de dia, reduzindo o aquecimento interno das edificações; durante a noite, quando a temperatura externa é baixa, as superfícies (paredes e coberturas) cedem o calor acumulado para o interior da habitação e para o meio, moderando o frio noturno.

A ventilação natural é feita mediante pequenas aberturas perto do teto (conjugadas à treliças ou elementos vazados) que além de evitar a incidência solar direta, restringem a ventilação natural e minimizam o colar proveniente do solo. A ventilação é usada principalmente para a renovação do ar: em climas secos a ventilação excessiva altera as condições ambientais de inércia térmica conseguida por paredes e coberturas de grande espessura.

As edificações são altas em virtude do pé-direito dos ambientes; estes ambientes encontram-se agrupados ao redor de pátios internos multifuncionais (mínimo de superfície exposta ao exterior, gerando o máximo volume no interior), com microclimas confortáveis ao ser humano, os pátios têm amplo sombreamento, vegetação, fontes e espelhos d'água, que umidificam o ar seco e geram temperaturas mais amenas como apresentado na Figura 2. As superfícies externas recebem pinturas e materiais de cores claras, para refletir a radiação solar. O meio urbano e os espaços externos são compostos por conjuntos de edificações altas, compactas e aglutinadas, implantadas em ruas estreitas, cobertas por toldos, proteção móveis, marquises, sacadas e terraços, que são elementos usados para sombreamento.

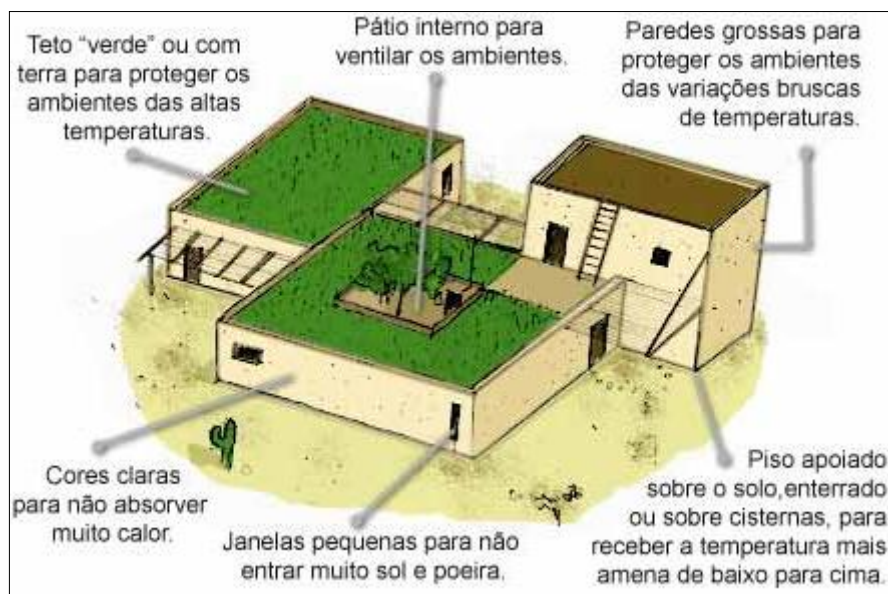


Figura 2: Modelo de residência para climas quentes e secos

Fonte: HSW, 2010.

- Climas quentes e úmidos

Ventilação ampla, pois é sempre quente (pequena variação temperatura diária e anual) e há elevada umidade do ar. Como a ventilação proporciona conforto térmico, as edificações incorporam grandes aberturas (com fechamentos de controle, leves e finos, tipo venezianas) permitindo ampla ventilação cruzada natural, luminosidade controlada, e bloqueio da incidência solar direta. A carga térmica recebida por incidência solar direta pode ser cedida para o meio externo, resfriando a edificação; Significa que não é desejável inércia térmica, (em algumas edificações desta tipologia climática, é comum encontrarem-se ambientes dispostos em camadas).

As edificações são elevadas do solo, às vezes sobre pilotis, permitindo a ventilação do piso. As coberturas são pronunciadas e ventiladas, para expulsar o calor recebido por elas (efeito câmara) como pode ser observado na Figura 3. A inclinação da cobertura varia em função do regime de chuvas da região. As beiras são pronunciadas, para proteção contra radiação solar direta, e no caso de fortes chuvas. Arquitetura é leve, sombreada e amplamente ventilada. No meio urbano espaços externos, é abundante o uso de vegetação, marquises, pérgulas e varandas que, juntamente com as projeções, das edificações geram espaços sombreados tanto a vegetação como o entorno construído devem permitir a passagem dos ventos.



Figura 3: Modelo de residência para climas quentes e úmidos

Fonte: HSW, 2010.

- Climas temperados e subtropicais

Variação diária de temperatura, em geral calor e frio são rigorosos (estações bem definidas); portanto a edificação deve possibilitar aquecimento nos períodos frios, com insolação natural e permitir ventilação natural controlada, para evitar os ventos frios e tornar possível a aeração natural. No calor as aberturas devem controlar a radiação solar direta, permitindo passagem de luz, e eliminando calor; é importante para o conforto térmico a ventilação natural fisiológica a edificação deve adaptar-se constantemente, conforme a situação climática diária, os detalhes podem ser melhor observados na Figura 4.

Os espaços internos são compartimentados, o que possibilita o maior controle da ventilação e manutenção do calor. É muito comum o uso de dispositivos, como estufas muros captadores e jardins de inverno. A composição da cobertura e a inclinação do telhado variam conforme o índice de chuvas e eventuais ocorrências de neve; em geral as coberturas são isolantes e refletoras, moderando a carga térmica do exterior. As paredes dos ambientes de maior uso têm aberturas envidraçadas voltadas para a melhor insolação (orientação norte - hemisfério sul e orientação sul: hemisfério norte). No meio urbano, as tipologias arquitetônicas mais comuns são construções compactas e edificações germinadas.



Figura 4: Modelo de residência para climas temperados e subtropicais

Fonte: HSW, 2010.

- Climas litorâneos

As brisas à beira mar, sentidas em regiões litorâneas também são explicadas a partir da diferença do calor específico entre a terra e a água. Durante o dia a terra se aquece mais rapidamente que a água, e o ar aquecido ascendente, o que força uma circulação da brisa marítima no sentido mar-terra.

À noite este sentido se inverte, pois a água demora mais para esfriar mais que a terra, e encontrar-se-á momentaneamente mais quente, gerando uma brisa na direção terra-mar.

- Climas urbanos

Clima resultante das alterações: de revestimento e drenagem do solo, da massa edificada que altera o curso dos ventos, insolação e da poluição atmosférica (partículas sólidas em suspensão no ar). Situações que facilitam as precipitações, produção de calor e geram fortes odores.

4.5.2 Estratégias Bioclimáticas

Estas estratégias quando corretamente utilizadas durante a concepção do projeto da edificação, auxiliam os princípios norteadores da construção de residências sustentáveis, buscando a melhora significativa do conforto térmico e a redução no consumo de energia.

Segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005) - Norma Brasileira sobre Desempenho Térmico de Edificações, Parte 3 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, existem no Brasil os tipos bioclimáticos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, identificados segundo características próprias, apresentado na Figura 5.

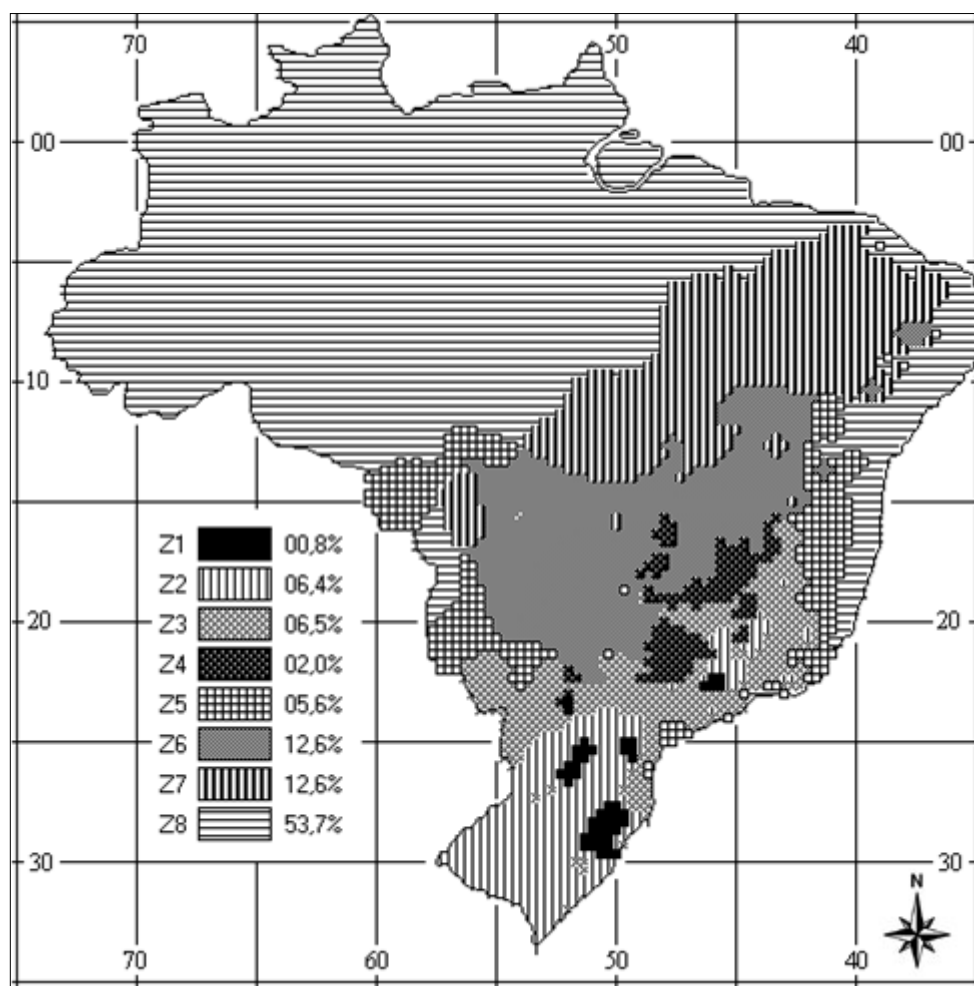


Figura 5: Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Fonte: ABNT, 2005.

As zonas da carta de Givoni, adotadas na formulação da norma NBR 15220, correspondem às seguintes estratégias apresentadas na Figura 6.

Onde as letras do diagrama correspondem às zonas: A – Zona de aquecimento

artificial (calefação); B – Zona de aquecimento solar da edificação; C – Zona de massa térmica para aquecimento; D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade); E – Zona de Conforto Térmico; F – Zona de desumidificação (renovação do ar); G + H – Zona de resfriamento evaporativo; H + I – Zona de massa térmica de refrigeração; I + J – Zona de ventilação; K – Zona de refrigeração artificial e L – Zona de umidificação do ar.

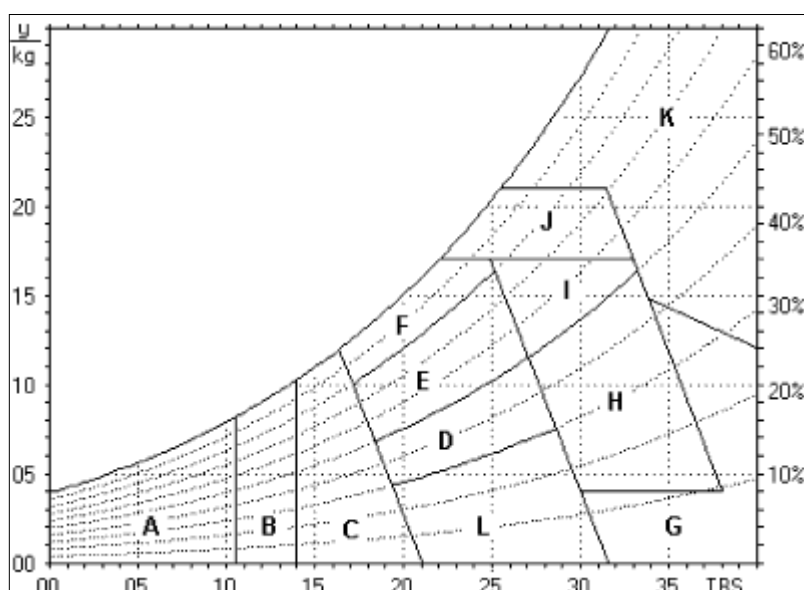


Figura 6: Diagrama Psicrométrico com as Zonas de Conforto de Givoni
Fonte: ABNT, 2005.

Lamberts et al. (2005) apresenta uma discussão resumida (itens 1 a 9 a seguir) a respeito de cada estratégia bioclimática. Informações mais detalhadas podem ser obtidas na referência citada.

1. Zona de Conforto

Para condições climáticas que resultem em pontos delimitados por esta região existe uma grande probabilidade das pessoas perceberem a sensação de conforto térmico. Desta forma, pode-se verificar que a sensação de conforto térmico pode ser obtida para umidade relativa variando de 20 a 80% e temperatura entre 18 e 29°C. Na Figura 7 é apresentada a zona de conforto térmico.

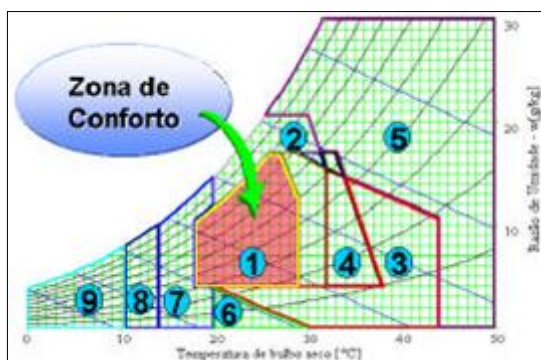


Figura 7: Zona de conforto
 Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

2. Ventilação

A ventilação corresponde uma estratégia de resfriamento natural do ambiente construído através da substituição do ar interno (mais quente) pelo externo (mais frio). As soluções arquitetônicas comumente utilizadas são ventilação cruzada, ventilação da cobertura e ventilação do piso sob a edificação. Na Figura 8 é apresentada a zona de ventilação.

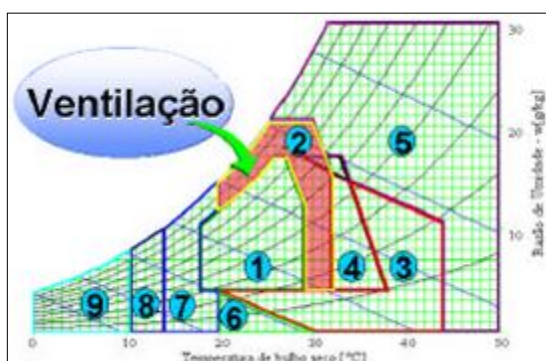


Figura 8: Zona de ventilação
 Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

3. Resfriamento Evaporativo

O resfriamento evaporativo é uma estratégia utilizada para aumentar a umidade relativa do ar e diminuir a sua temperatura. O resfriamento evaporativo pode ser obtido de forma direta ou indireta. O uso de vegetação, de fontes d'água ou de outros recursos que resultem na evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar constituem-se em formas diretas de resfriamento evaporativo. Uma forma indireta pode ser obtida através de tanques d'água sombreados executados sobre a laje de cobertura. Na Figura 9 é apresentada a zona de resfriamento evaporativo.

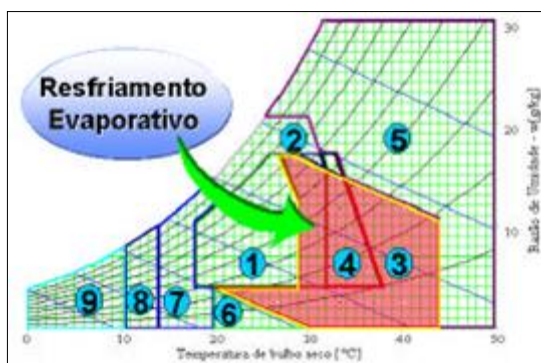


Figura 9: Zona de resfriamento evaporativo

Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

4. Inércia Térmica para Resfriamento

A utilização de componentes construtivos com inércia térmica (capacidade térmica) superior faz com que a amplitude da temperatura interior diminua em relação a exterior, ou seja, os picos de temperatura verificados externamente não serão percebidos internamente. Componentes construtivos com elevada capacidade térmica são indicados para climas quente e seco onde a temperatura atinge valores muito altos durante o dia e extremamente baixos durante a noite. Nestes casos, a capacidade térmica do componente permite o atraso da onda de calor fazendo com que este calor incida no ambiente interno apenas no período da noite, quando existe a necessidade de aquecimento. Na Figura 10 é apresentada a zona de inércia térmica para resfriamento.

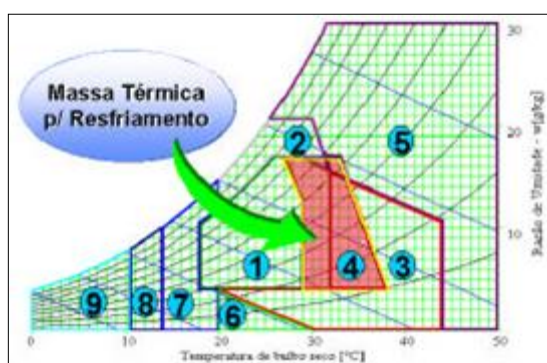


Figura 10: Zona de inércia térmica para resfriamento

Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

5. Resfriamento Artificial

O resfriamento artificial deve ser utilizado quando as estratégias de ventilação, resfriamento evaporativo e massa térmica não proporcionam as condições desejadas de conforto. Na Figura 11 **Figura 7** é apresentada a zona de resfriamento artificial.

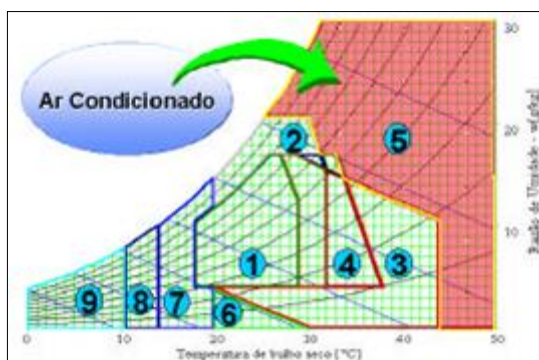


Figura 11: Zona de resfriamento artificial

Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

6. Umidificação

A estratégia de umidificação é recomendada quando a temperatura do ar apresenta-se menor que 27°C e a umidade relativa abaixo de 20% (EVANS & SCHILLER, 1988 apud LAMBERTS et al., 2005). Recursos simples, como recipientes com água colocados no ambiente interno podem aumentar a umidade relativa do ar. Da mesma forma, aberturas herméticas podem manter esta umidade, além do vapor d'água gerado por atividades domésticas ou produzido por plantas. Na Figura 12 é apresentada a zona de umidificação.

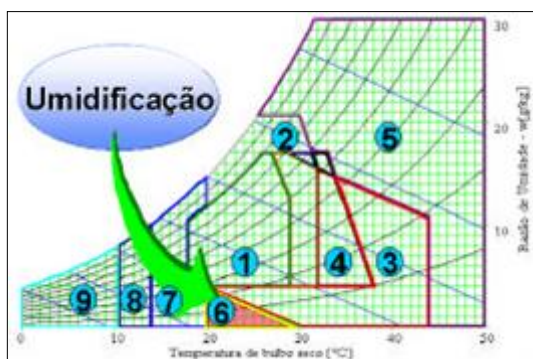


Figura 12: Zona de umidificação

Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

7. Inércia Térmica e Aquecimento Solar

Neste caso, pode-se adotar componentes construtivos com maior inércia térmica, além de aquecimento solar passivo e isolamento térmico, para evitar perdas de calor, pois esta zona situa-se entre temperaturas de 14 a 20° C. Na Figura 13 é apresentada a zona de inércia térmica e aquecimento solar.

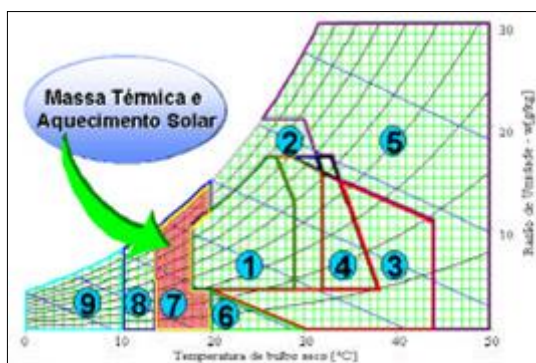


Figura 13: Zona de inércia térmica e aquecimento solar

Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

8. Aquecimento Solar Passivo

O aquecimento solar passivo deve ser adotado para os casos com baixa temperatura do ar. Recomenda-se que a edificação tenha superfícies envidraçadas orientadas para o sol e aberturas reduzidas nas fachadas que não recebem insolação para evitar perdas de calor. Esta estratégia pode ser conseguida através de orientação adequada da edificação e de cores que maximizem os ganhos de calor, através de aberturas zenitais, de coletores de calor colocados no telhado e de isolamento para reduzir perdas térmicas. Na Figura 14 é apresentada a zona de aquecimento solar passivo.

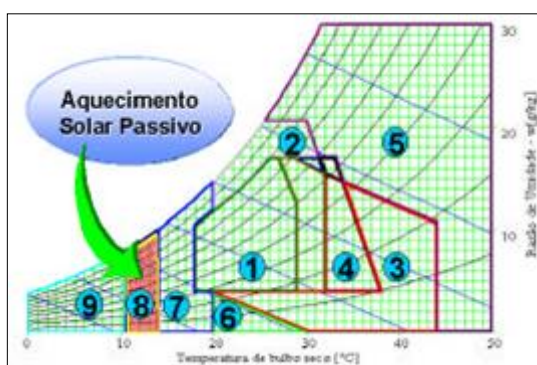


Figura 14: Zona de aquecimento solar passivo

Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

9. Aquecimento Artificial

Este tipo de estratégia deve ser utilizado apenas em locais extremamente frios, com temperatura inferior a aproximadamente 10,5°C, em que a estratégia de aquecimento solar passivo não seja suficiente para produzir sensação de conforto. Deve-se usar isolamento nas paredes e coberturas dos ambientes aquecidos para evitar perdas de calor para o ambiente externo. Na Figura 15 é apresentada a zona de aquecimento artificial.

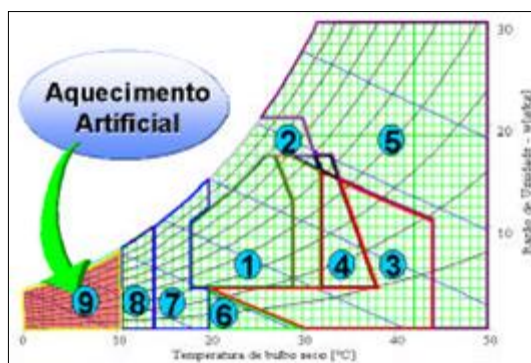


Figura 15: Zona de aquecimento artificial

Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

4.5.3 Iluminação Natural.

Segundo Gonçalves (2001), a industrialização trouxe uma massificação para arquitetura, em nível até mesmo mundial. Infundáveis tipos de vidros para fachadas, centenas de tipos de lâmpadas, sistemas condicionamento térmico artificial, vêm contribuindo para a proliferação das cortinas de vidro e das plantas que não favorecem/consideram a iluminação natural. Estes edifícios são exemplos da banalização/pasteurização que acabou ocorrendo com a arquitetura em boa parte do mundo.

Projetos de residências que buscam utilizar-se da iluminação natural resultam em um grande ganho de qualidade ambiental e na sustentabilidade, através de eficiência energética e conforto ambiental.

A Figura 16 mostra a orientação adequada para edificações no hemisfério sul, buscando sempre a fachada norte, este aproveitamento correto da luz solar trás benefícios na qualidade do ar interno (UVC – ultravioleta C, bactericida) e contribui para a iluminação natural da própria habitação (radiação visível).

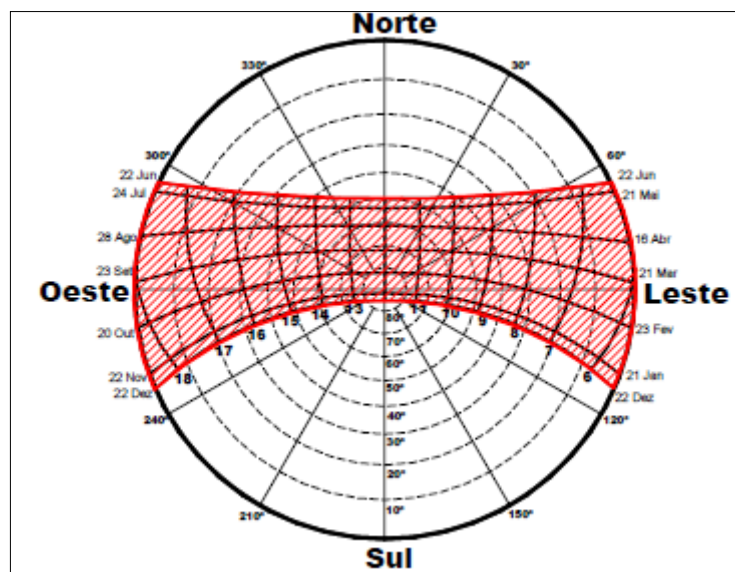


Figura 16: Faixa solar para hemisfério sul
 Fonte: AMORIM, 2000.

A quantidade de luz natural recebida pela edificação em todos os espaços depende especificamente da incidência de luz solar indireta e/ou refletida, pois ele não recebe radiação solar direta nos espaços internos. Para um adequado funcionamento de uma edificação, é preciso garantir uma iluminação mínima de 150 lux, entre as 8 horas e 16 horas em 100% dos dias do ano (FERREIRA, 2002 apud AGUILAR, 2007).

A busca pela iluminação natural pode acarretar em uma alta radiação térmica (infravermelho) em épocas de maior incidência como o verão, portanto a busca por soluções construtivas (Figura 17) que permitam ao edifício se proteger desta alta radiação térmica é fundamental.

A disponibilidade da luz natural nas regiões tropicais é grande, e esta deve ser usada de forma criteriosa. O desafio, portanto, é equilibrar sabiamente o ingresso da luz difusa, bloqueando o calor gerado pela luz solar direta, evitando problemas de conforto térmico (AMORIM, 2002).

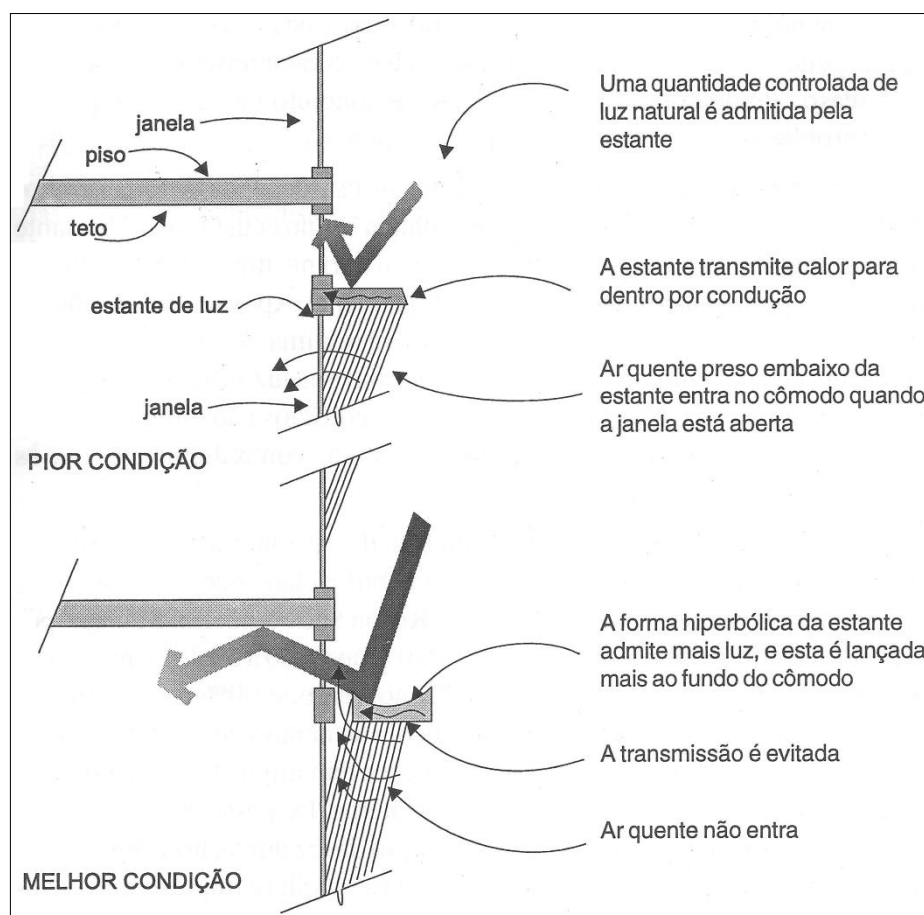


Figura 17: Soluções para iluminação natural e mitigação do calor

Fonte: HERTZ, 1998.

O Laboratório de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Universidade Federal do Pará apresenta características de arquitetura bioclimática e eficiência energética com um alto nível de autonomia, onde utiliza de iluminação natural: lateral e zenital (Figura 18), colocando as tarefas que mais requerem concentração, sempre que for possível, perto das janelas. Essas aberturas permitem melhor distribuição da luz natural, pois as janelas baixas provocam uma luz rasante, que gera sombras muito incômodas (FROTA, 2001 apud AGUILAR, 2007).



Figura 18: Tipologia de janela para iluminação e ventilação natural

Fonte: AGUILAR et al., 2007.

Para a iluminação natural são usados três indicadores: o primeiro deles, o nível de iluminamento natural, o qual também toma como parâmetros aqueles estabelecidos no Projeto de Norma (Projeto 02:136 de 2005) do COBRACON. Já o indicador profundidade dos espaços avaliará a profundidade dos ambientes de maior ocupação (sala de estar e jantar, dormitórios, copa/cozinha e área de serviço) para que esteja dentro de uma relação pré-estabelecida entre a largura do espaço, a altura da verga da janela ao piso e o cálculo médio das refletâncias ponderadas pela área das superfícies. Por fim, o fator de luz dia é considerado para níveis superiores de iluminação natural nas áreas de longa permanência.

Quanto aos critérios de desempenho da iluminação artificial, novamente são considerados os parâmetros do Projeto de Norma do COBRACON (Projeto 02:136 de 2005) como medida para todas as dependências indicadas na Norma, e recomenda-se também o uso de lâmpadas e reatores energeticamente eficientes, que estejam em conformidade com o selo PROCEL, para o qual estão sendo consideradas diferentes porcentagens de acordo ao uso dos espaços.

Em regiões com pouca luminosidade natural o “Laser Cut Panel” (Figura 19) pode ser uma opção viável, constitui em um painel fino de acrílico dividido por meio de cortes a laser em uma série de elementos retangulares. A superfície de cada corte funciona como um pequeno espelho interno que deflete a luz que passa pelo painel, suas principais características são a alta proporção da luz defletida pelo ângulo obtuso ($>120^\circ$). A luz é defletida quando incide no meio do acrílico pelo princípio da refração, depois é refletida internamente e na saída defletida novamente.

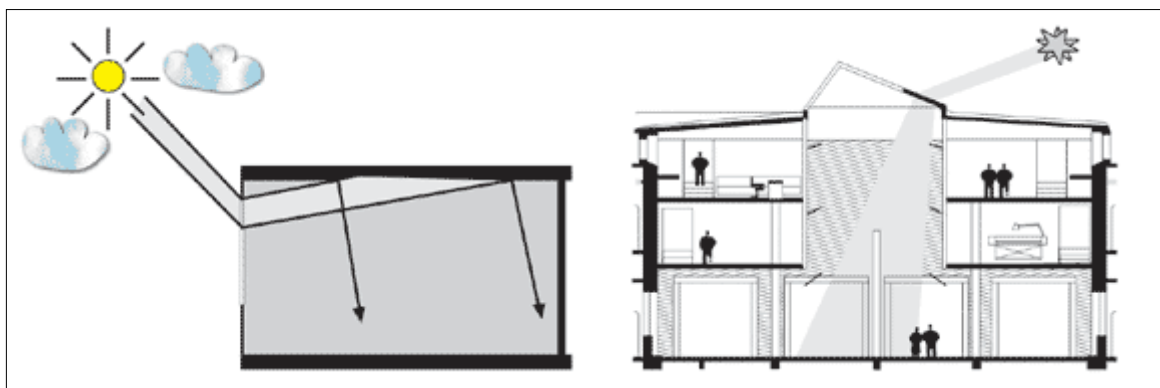


Figura 19: Laser Cut Panel

Fonte: IEA, 2000.

4.5.4 Ventilação Natural.

A ventilação natural adequada de um ambiente deve cumprir as exigências térmicas e higiênicas. O movimento relativo do ar em relação a um indivíduo acelera as trocas convectivas e evaporativas do seu corpo, com isso busca-se a temperatura de conforto do ambiente. A ventilação pode produzir um ambiente confortável, mesmo que a temperatura do ar esteja fora da zona de conforto. Esta extensão dependerá do teor de umidade e da velocidade do vento.

É possível dividir a ventilação em duas vertentes, a primeira age sobre o corpo e é chamada de ventilação de conforto, já a segunda age sobre a estrutura e as massas térmicas do edifício e é chamada de ventilação estrutural. A melhor maneira de aproveitar a ventilação vai depender da combinação da intensidade do vento e do tipo de clima local.

Para ventos calmos o vento deve ser aproveitado de forma que a ventilação atravesse o edifício, chamada ventilação transversal. As aberturas devem, então, situar-se em paredes opostas. A ventilação do espaço entre o telhado e teto nas zonas úmidas é muito importante para controlar não só o ganho de calor, como também os problemas de umidade.

Telhados inclinados podem gerar condensação, que necessita de ventilação para ser evaporada, onde essa evaporação retira calor da edificação junto com o ar quente preso nas partes mais altas (teto e telhado). É interessante construir dispositivos de controle (janelas abertura e fechamento) nestas regiões de saída da ventilação para o caso de regiões que predominam períodos úmidos e secos, favorecendo e adaptando este sistema para climas mistos. Onde em climas secos a funcionalidade passa ser a contrária, retendo calor e umidade com o fechamento das partes de escape.

A velocidade do ar e o volume movido dependem da diferença da temperatura entre o interior e o exterior, das características do lugar, da organização e do tamanho das janelas, e da distância vertical entre elas (Figura 20).

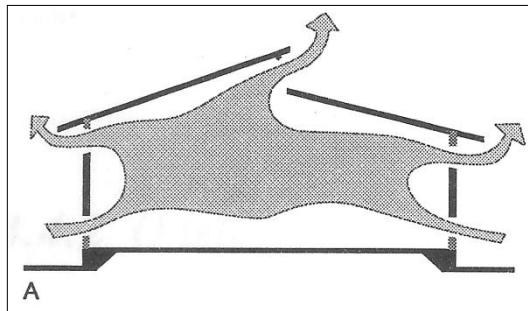


Figura 20: Ventilação em regiões úmidas
Fonte: KUKREJA, 1978 apud HERTZ, 1998.

A vantagem de janelas altas é sua capacidade de permitir escapar o ar mais quente e reduzir a temperatura do teto (Figura 21 e Figura 22).

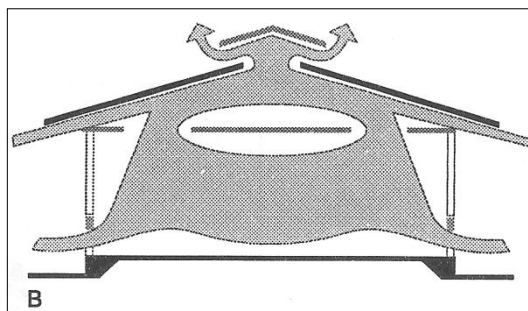


Figura 21: Ventilação em regiões úmidas com janelas altas com duas passagens pela laje
Fonte: KUKREJA, 1978 apud HERTZ, 1998.

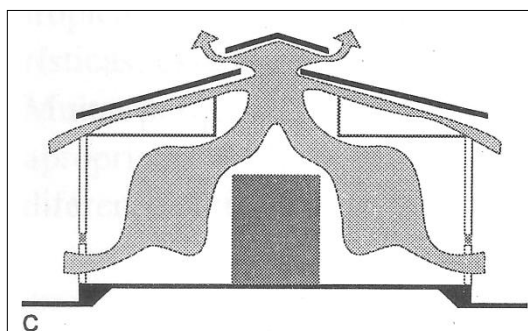


Figura 22: Ventilação em regiões úmidas com janelas altas com única passagem pela laje
Fonte: KUKREJA, 1978 apud HERTZ, 1998.

Deve-se pensar contra a formação de bolsas de ar quente (Figura 23). Porém como relatado anteriormente em climas mistos (úmidos e secos) o fechamento das partes de escape

gera como resultado o aumento da umidade interna e calor, caracterizando um sistema mais versátil.

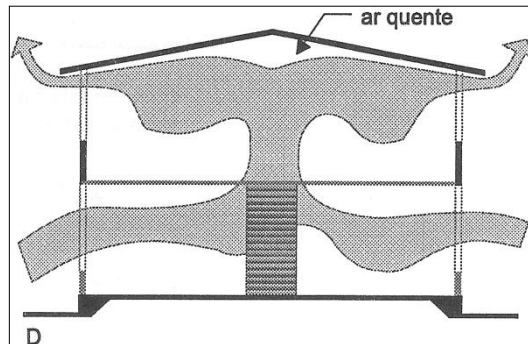


Figura 23: Ventilação a ser evitada em regiões úmidas e favorável em climas secos

Fonte: KUKREJA, 1978 apud HERTZ, 1998.

A utilização de vegetação no entorno da edificação deve ser estudada para direcionar ou evitar ventilação em partes específicas, a busca por sombra pode acarretar em desvio da ventilação natural, ou vice e versa. Estudos realizados por Gonzales (1986) descreve a trajetória natural dos ventos após o contato com arbustos e árvores, podendo ser visualizado na Figura 24 e Figura 25.

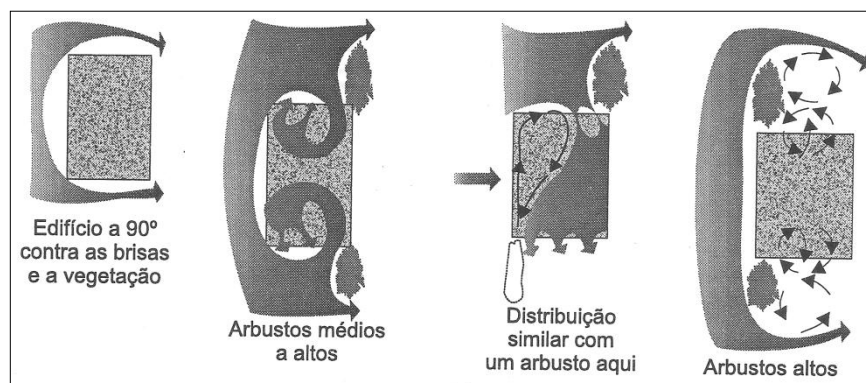


Figura 24: Modificações da trajetória dos ventos produzidas pelas vegetações buscando fluxo interno

Fonte: GONZALEZ et al., 1986.

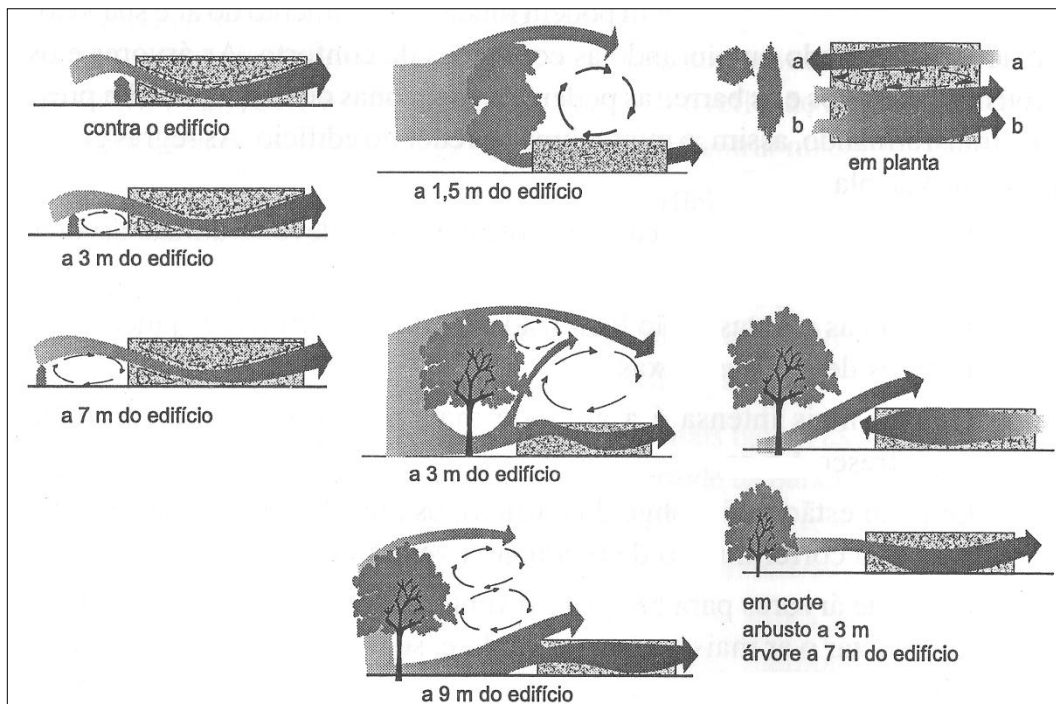


Figura 25: Modificações da trajetória dos ventos produzidas pelas vegetações
 Fonte: GONZALEZ et al., 1986.

4.6 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

4.6.1 Panorama e Certificação

A ameaça de esgotamento das reservas de petrolíferas, a pressão dos resultados econômicos e as preocupações ambientais, levam a busca da eficiência energética. Aprender a utilizar de forma responsável a energia é fundamental para um futuro sustentável, para isso precisamos alterar a nossa atitude em relação ao consumo de energia no cotidiano.

Entende-se que a eficiência energética num processo de conversão de energia, onde é medida pela razão entre a energia útil requerida em um processo e a energia total fornecida a ele. Quanto maior essa relação, maior é a eficiência energética do processo. Aplicando este conceito, diz-se que uma edificação é energeticamente mais eficiente que outra, quando proporciona as mesmas condições de conforto com menor demanda de energia.

Do total da energia produzida no Brasil, 42% é utilizada por edificações residenciais, comerciais e públicas, sendo a iluminação e o ar condicionado os principais responsáveis por

grande parte do consumo energético nesse setor. Se os arquitetos e engenheiros tivessem mais conhecimento sobre eficiência energética no projeto de arquitetura ou da especificação de materiais e equipamentos, este percentual poderia ser reduzido; além de evitar a necessidade de maior produção elétrica no país, o que seria benéfico aos usuários, tanto pela economia nos custos da obra, bem como no consumo de energia (LAMBERTS, 1997).

A correta utilização da iluminação e equipamentos para obter o máximo de rendimento da energia utilizada, propicia uma economia na redução do consumo e em paralelo reduz a expectativa de demanda do sistema elétrico como um todo, reduzindo os riscos de racionamento. A Figura 26 apresenta os diferentes usos finais no consumo residencial de eletricidade por região.

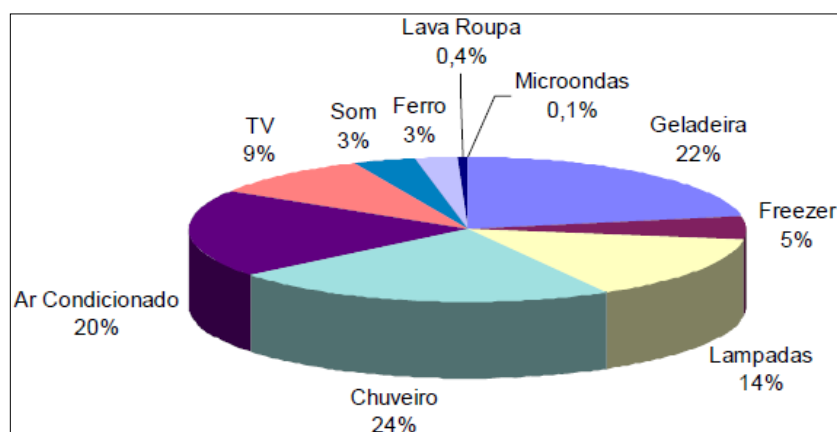


Figura 26: Uso final de energia elétrica no setor residencial brasileiro

Fonte: LAMBERTS, 1997.

Desta forma, caracteriza-se que a maior preocupação no setor deve ser a redução no consumo como ar condicionado (através de projetos bioclimáticos), chuveiro (através do uso de chuveiros mais eficientes ou aquecimento solar), lâmpadas (busca por iluminação natural e lâmpadas econômicas) e refrigeradores (através do uso de geladeiras/freezers mais eficientes).

Além disso, deve-se garantir um melhor desempenho térmico da edificação, para proporcionar maior conforto aos seus usuários e evitar o uso futuro de aparelhos de condicionamento ambiental (LAMBERTS & TRIANA, 2005), sendo para isto de suma importância considerar adequadamente as diferenças climáticas existentes no país.

Atualmente o mercado dispõe de muitos produtos certificados e com selo de eficiência energética, a utilização destes produtos em residências sustentáveis é de fundamental importância para a mitigação do desperdício e valorização do meio ambiente.

O objetivo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL é

promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se elimine o desperdício e se reduzam os custos e os investimentos setoriais. O selo PROCEL (Figura 27) é um instrumento promocional do PROCEL, aos equipamentos que apresentam os melhores índices de eficiência energética dentro da sua categoria. Sua finalidade é estimular a fabricação nacional de produtos mais eficientes no item economia de energia, e orientar o consumidor, no ato da compra, a adquirir equipamentos que apresentam melhores níveis de eficiência energética.

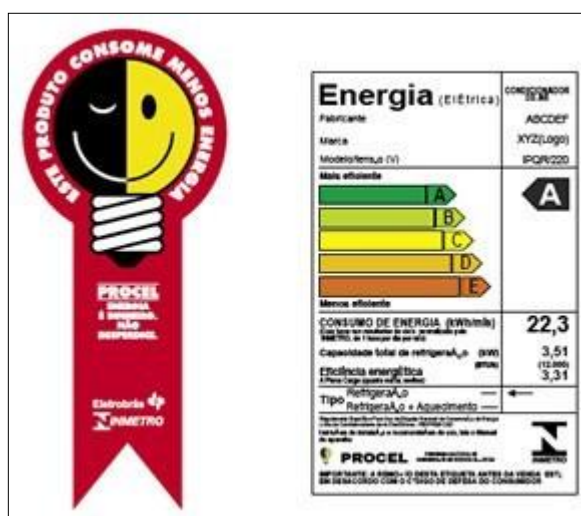


Figura 27: Selo PROCEL
Fonte: PROCEL, 2010.

Existem dois tipos de selo, uma para motores e eletrodomésticos e outro para lâmpadas. O selo PROCEL de Economia de Energia é concedido anualmente, desde 1993, aos produtos que obtiveram conceito “A”, nos ensaios realizados (refrigeradores, freezers e ar-condicionado). O selo PROCEL Inmetro de Desempenho é concedido aos produtos nacionais ou estrangeiros de lâmpadas fluorescentes (lâmpadas fluorescentes, reatores eletromagnéticos e motor elétrico de indução trifásico).

O PROCEL desenvolveu uma subcategoria, o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural, através do selo CONPET (Figura 28). O objetivo principal desta subcategoria é disseminar a utilização de equipamentos mais eficientes, incentivando o empreendedor a incluir estes equipamentos como parte integrante da habitação, ressaltando a importância de atrelar-se de forma contratual a manutenção dos mesmos.



Figura 28: Selo CONPET
Fonte: PROCEL, 2010.

Para buscar a economia energética na edificação vale lembrar alguns critérios básicos para melhora da eficiência energética, como por exemplo: o clima da região condiciona a escolha do tipo de construção; orientação da casa deve estar otimizada, de acordo com a sua exposição solar; a qualidade da construção influencia a eficiência energética da habitação; isolamento e a eliminação de pontes térmicas são fundamentais para o conforto e para um aproveitamento eficiente da energia; janelas envidraçadas são áreas críticas para o conforto térmico da casa; ventilação natural é essencial para a renovação do ar interior e para o arrefecimento da casa em dias mais quentes; a sombra adequada minimiza o super aquecimento no verão, maximizando a entrada de luz solar no inverno; a pintura clara influencia o comportamento térmico da edificação.

O aproveitamento de fontes renováveis de energia, obtido através da transformação direta de recursos naturais como a força do vento e a energia solar direta constituem importante opção para reduzir o consumo energético fornecido pelas concessionárias ou mesmo em lugares onde não há rede elétrica.

A energia elétrica proveniente de fontes renováveis de pequena escala é vista como opção, em diferentes níveis, por diversos países. Dentre eles a Alemanha, Espanha, Japão e Estados Unidos. No Brasil a discussão da inserção dessas fontes ainda é muito carente e necessita de uma abordagem mais aprofundada (OLIVEIRA, 2002).

4.6.2 Energia Fotovoltaica

O aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos é feito com o uso de coletores ou concentradores solares. Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc.) para o aquecimento de água.

A tecnologia fotovoltaica (Figura 29) do ponto de vista ambiental é fortemente defendida, pois a geração de energia é originada de uma fonte inesgotável e não poluente, trazendo ainda benefícios energéticos. No mercado atual, existem tecnologias fotovoltaicas baseadas em diferentes elementos os mais utilizados são os painéis de silício cristalino e os de silício amorfo.

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares, ou seja, o efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia).

A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células apresentam um índice de eficiência de 25%.

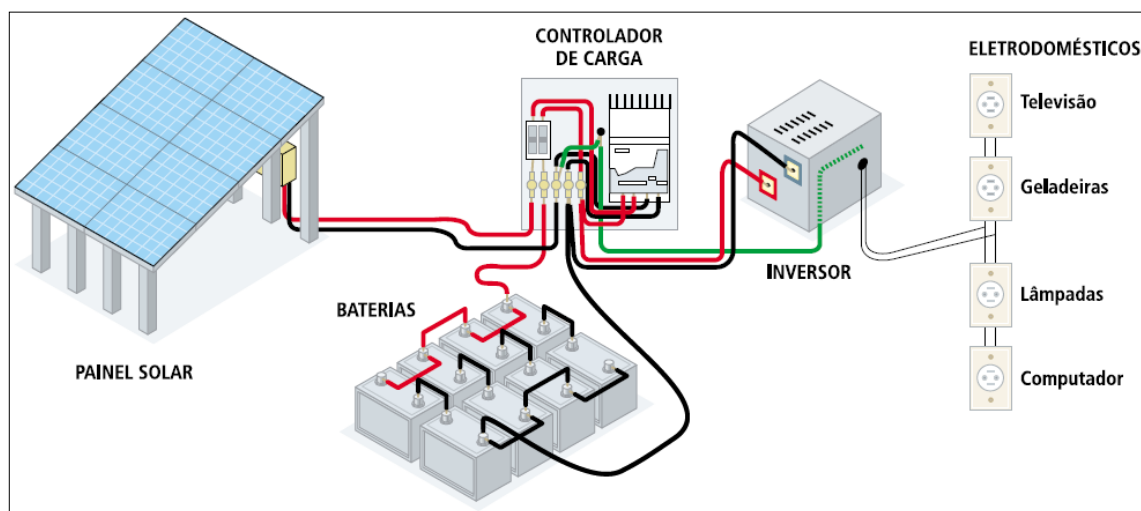


Figura 29: Sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica
Fonte: Adaptado de CRESESB, 2010.

Vale ressaltar que a análise e verificações nas plantas do projeto arquitetônico da edificação são necessárias, resultando em um melhor aproveitamento para instalações de painéis fotovoltaicos, buscando melhor inclinação e orientação, evitando assim regiões sombreadas.

A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL possui um mapa apontando as regiões brasileiras mais favoráveis para extração de energia solar, podendo ser visualizado na Figura 30. Onde as regiões a nordeste apresentam áreas mais favoráveis à implantação deste tipo de tecnologia.

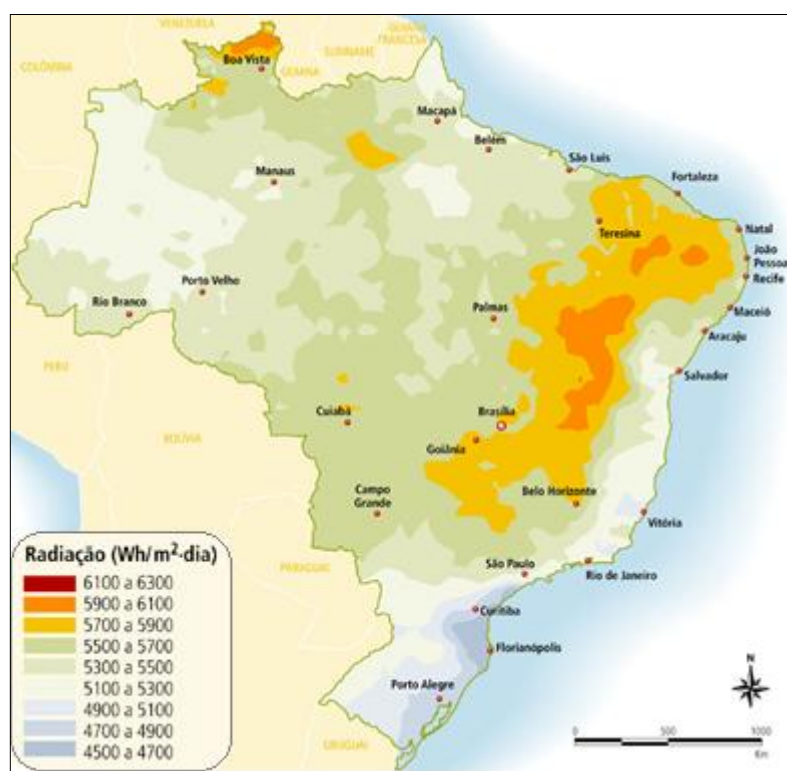


Figura 30: Mapa de radiação solar do Brasil

Fonte: Adaptado de ANEEL, 2010.

Os aquecedores solares, com pequeno reservatório de água agregado a uma placa plana, concebidos para ficarem sobre o telhado, têm um pequeno excesso de produção no verão devido à grande incidência de radiação direta quase perpendicular à superfície do coletor e têm um desempenho pobre no inverno devido a grande quantidade de reflexão e difração dos raios solares por causa do grande afastamento da perpendicularidade da incidência solar. Além disso, o desempenho naturalmente cai por conta da combinação da menor radiação solar periódica com a menor temperatura ambiente, o que resulta em uma perda de calor maior pelo coletor durante o inverno, tudo isto agravado pelo fato que a água já

chega mais fria ao equipamento no inverno.

Existem vários sistemas de aproveitamento da radiação solar para aquecimento de água aplicados no País, geralmente estes sistemas são compostos por coletores solares, reservatório térmico, tubulação de interligação, válvulas e registros (Figura 31), onde muitos desses sistemas já se apresentam etiquetados pelo Inmetro e PROCEL.

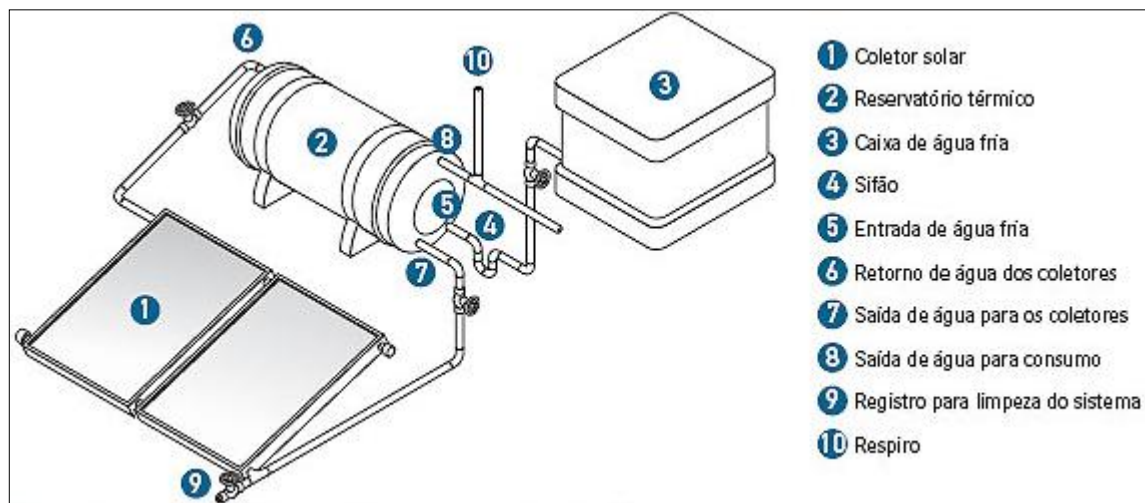


Figura 31: Sistema de aquecimento solar de água

Fonte: REVISTA TECHNE, 2010.

4.6.3 Energia Eólica

A energia eólica apresenta vantagens como reduzido impacto ambiental na implantação e operação, baixo custo de manutenção e versatilidade, dado que pode-se conceber configurações para uma residência assim como um sistema de elevada potência para ligação à rede elétrica.

O gerador eólico consiste em um alternador que transforma movimento de rotação em energia elétrica, os equipamentos com maior velocidade de rotação são os mais indicados para esse fim.

Como observado na Tabela 2, o diâmetro do rotor que determina a quantidade de energia que uma turbina pode gerar. À medida que o diâmetro de um rotor aumenta, a altura da torre também aumenta, o que significa maior acesso a ventos mais rápidos (LAYTON, 2010).

Tamanho do roto e geração máxima de potência	
Diâmetro do rotor (metros)	Geração de potência (KW)
10	25
17	100
27	225
33	300
40	500
44	600
48	750
54	1000
64	1500
72	2000
80	2500

Tabela 2: Tamanho do rotor e geração máxima de potência

Fonte: LAYTON, 2010.

Um gerador eólico é formado por três partes principais: rotor, gerador e torre. O rotor é composto pelas pás, eixo e engrenagens para transmissão do movimento de rotação para o gerador. As pás de um rotor de eixo horizontal são objetos de estudos de aerodinâmica para a otimização onde as mesmas interagem diretamente com as forças de sustentação e as forças de arrasto do vento. A torre deve possuir estruturação adequada calculada não somente em função da carga exercida pelas peças suspensas, mas principalmente pela força do vento que terá de suportar, pois quanto mais alto o conjunto eólico melhor a captação dos ventos e maior a vibração causada através do movimento das pás. Um sistema de engrenagens de tamanhos distintos aumenta o giro e transfere movimento rotatório ao gerador (conversão eletro-mecânica), que funciona como um dínamo ou alternador veicular.

Os modelos mais utilizados na atualidade são os de eixo horizontal de três pás, geralmente fabricadas em fibra de vidro, com as pontas pintadas em vermelho para inibir a presença de pássaros e sistema de freio aerodinâmico acionado quando o vento se torna demasiado forte.

Existem no mercado atual geradores para fins residenciais, o Gerador Eólico Residencial de 1.9 KW que ajudam a reduzir ou eliminar a conta de luz mensal. A sua aplicação deverá obedecer a velocidade média do vento (4.5m/s). A área de implantação requerida é de 2000 m² e livre de interferências (zoneamento do local permita uma estrutura de pelo menos 10m de altura).

Segundo Marschoff (1992), apenas 41% da energia do vento é aproveitável e de um total de 100% de energia cinética do ar, somente 28 % da energia elétrica pode ser gerada.

A geração a partir do vento se mostra interessante em pequenas escalas, em regiões ou pontos isolados, onde a implantação de sistemas de transmissão é inviável. De qualquer forma, deve-se lembrar que a ocorrência de ventos com velocidade suficiente para geração é muito limitada, devendo-se proceder um estudo do potencial eólico da região. Segundo CBEE (2010), estudos realizados em diversos pontos do país apontam um imenso potencial eólico ainda não explorado.

O Centro Brasileiro de Energia Eólica possui um mapa apontando as regiões brasileiras mais favoráveis para extração de energia dos ventos, podendo ser visualizado na Figura 32, onde as regiões costeiras apresentam áreas mais favoráveis à implantação deste tipo de tecnologia.

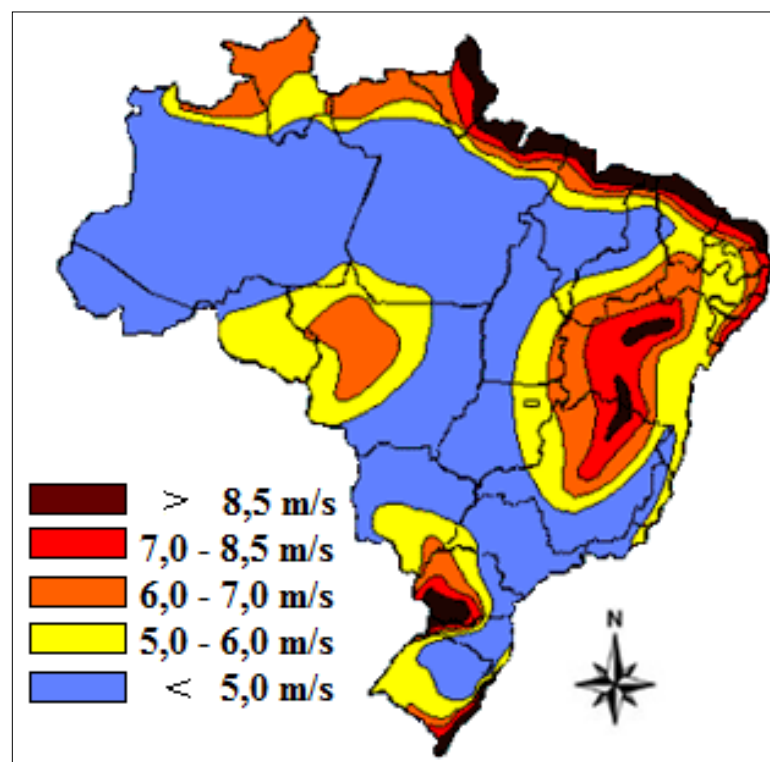


Figura 32: Mapa de ventos do Brasil

Fonte: Adaptado de CBEE, 2010.

As principais vantagens de um sistema autônomo de energia são as seguintes:

- Geração local de energia; não há necessidade de linhas de transmissão;
- Uso de fontes renováveis de energia;
- Custo fixo no horizonte temporal de vida útil da instalação, exceto pela reposição de baterias;
- Elevada confiabilidade;

- Instalação modular que pode ser expandida gradualmente

As principais desvantagens de um sistema autônomo são as seguintes:

- Investimento inicial elevado;
- Atualmente, somente é viável para instalações afastadas da rede elétrica;
- Pequena disponibilidade de potência.

4.7 GESTÃO E ECONOMIA DA ÁGUA

4.7.1 Programa de Conservação de Água

Para a concepção do sistema a ser adotado, o diagrama de fluxo (Figura 33) demonstra os passos para o seu desenvolvimento, que ocorrem concomitantemente ao conjunto de decisões a serem tomadas para todo o projeto.

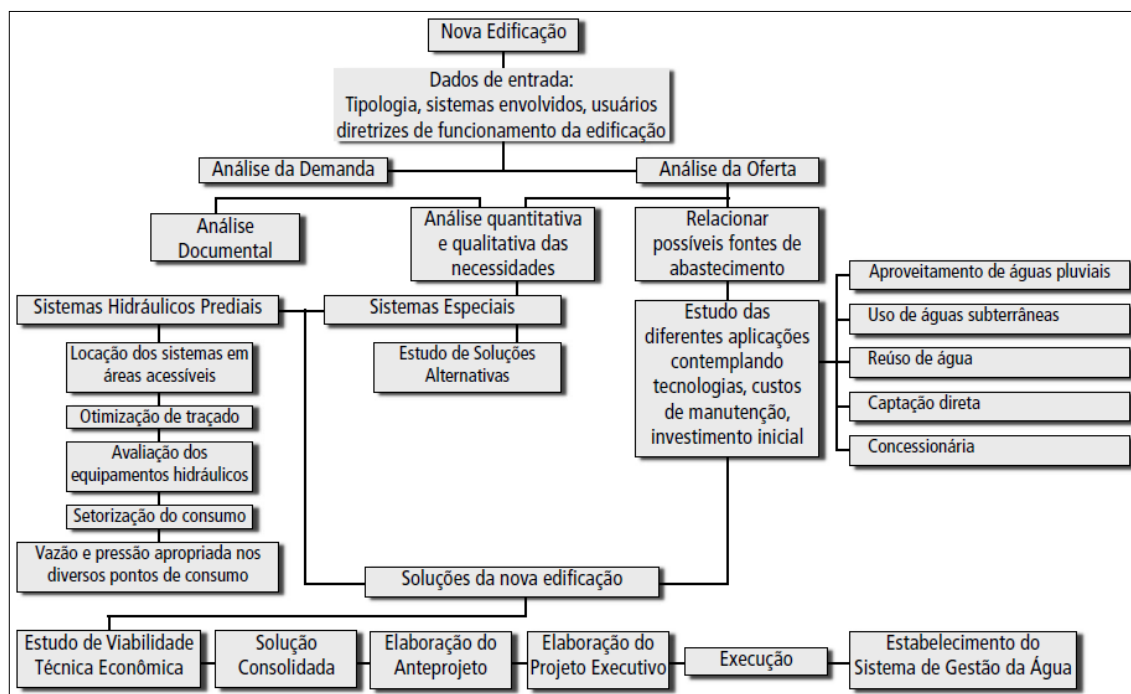


Figura 33: Programa de conservação de água em edificações novas

Fonte: SINDUSCON, 2009.

Com o fluxograma é possível obter um levantamento de todos os aspectos que

envolvem o programa de controle e gestão da água, definindo e indicando o objetivo e/ou metas a serem alcançadas, possibilitando assim um controle maior sobre as propostas estabelecidas. O ordenamento auxilia na tomada de decisão, concentrando ações, sejam elas, questões legais, identificação dos pontos de inundação no entorno do local, contribuição para a redução da poluição difusa, aplicabilidade, facilidade de implantação, atendimento das aspirações dos usuários, confiabilidade, sustentabilidade e duração da vida útil do sistema (ciclo de vida).

4.7.2 Sistema de Captação de Água Pluvial

Quando se deseja reaproveitar a água da chuva, para qualquer fim específico, é importante saber que sua aceitabilidade depende diretamente de suas qualidades físicas, químicas e microbióticas, podendo estas serem afetadas pela qualidade da fonte geradora, da forma de tratamento adotada, da confiabilidade no processo de tratamento e da operação dos sistemas de distribuição (CROOK, 1993).

A captação da água da chuva é uma prática muito difundida em países como a Austrália e a Alemanha, aonde novos sistemas vêm sendo desenvolvidos, permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante eficiente em termos de custo-benefício. Segundo Aquastock (2005), a utilização de água de chuva traz várias vantagens como:

- Redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma;
- Evita a utilização de água potável onde esta não é necessária, como por exemplo, na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos, etc;
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial na grande maioria dos telhados, e o retorno do investimento ocorre a partir de dois anos e meio;
- Faz sentido ecológica e financeiramente não desperdiçar um recurso natural escasso em toda a cidade, e disponível em abundância todos os telhados;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios;

- Encoraja a conservação de água, a auto-suficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade.

A Norma NBR 5626/98 – Instalação Predial de Água Fria - prevê o uso eficiente da água e energia quando determina: “O projeto da instalação predial de água fria deve ser elaborado de modo a implicar no uso mais eficiente possível de água e energia nela utilizados (valores mínimos necessários e suficientes para o bom funcionamento da instalação e para satisfação das exigências dos usuários)”.

O sistema de utilização de águas pluviais consiste de forma geral, de três processos (SOARES et al., 1997):

- Coleta: se limita aos telhados da edificação, têm-se vantagens com relação à qualidade da água, comparado com áreas de trânsito frequente de pessoas, animais e veículos automotores;
- Armazenamento: a chuva coletada escoar através de tubos para tanques de armazenagem. Quando estes estão cheios, a água é desviada para rede de águas pluviais;
- Tratamento: depende da qualidade da água coletada e do seu destino final e, divide-se em: sedimentação natural, filtração e cloração.

A utilização de águas para fins potáveis deve ser vista com cuidado, pois os minutos iniciais de chuva em regiões urbanizadas, industriais ou até mesmo rurais, trazem consigo quantidade significativa de poluentes dispersos na atmosfera. Este processo é agravado quando o escoamento inicia-se no telhado e pátios (áreas de coleta), ocasionando arraste de poeira e fuligem poluindo ainda mais as águas pluviais.

Visto esta problemática é viável que o sistema de coleta de chuva possa ser dotado de dispositivo de controle (registro de descarga), onde o mesmo deve permanecer sempre aberto nos minutos iniciais de chuva e em seguida fechado para iniciar a reservação.

Existem basicamente quatro sistemas de concepção de aproveitamento de águas pluviais, onde o primeiro sistema corresponde a Figura 34 caracterizado pelo fluxo total, toda a água proveniente das chuvas é armazenada no reservatório, passando por um filtro ou tela (evitar entrada de folhas, galhos e material particulado), extravasando o excedente para o sistema de drenagem.

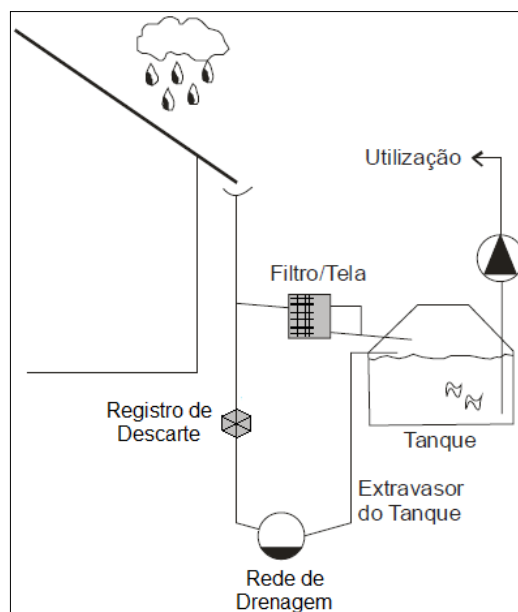


Figura 34: Sistema de fluxo total
 Fonte: Adaptado de HERRMANN & SCHMIDA, 1999.

O segundo sistema corresponde a Figura 35 apresentando dispositivo de derivação instalada no tubo vertical, esse sistema é típico do período em que a água pluvial era destinada unicamente para poupar água potável e o desvio para o sistema de esgotamento sanitário era aceitável.

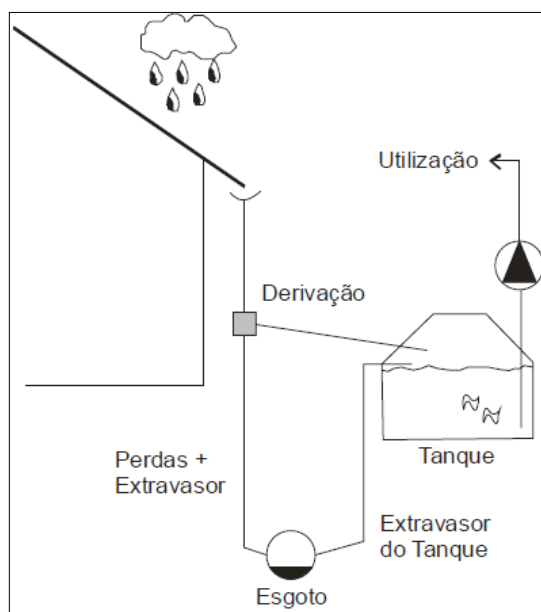


Figura 35: Sistema com derivação
 Fonte: HERRMANN & SCHMIDA, 1999.

O terceiro sistema corresponde a Figura 36, caracterizada pela presença de volume de retenção, onde o reservatório apresenta um volume adicional para conter excessos pluviais,

com vantagens de auxiliar o sistema de rede de drenagem.

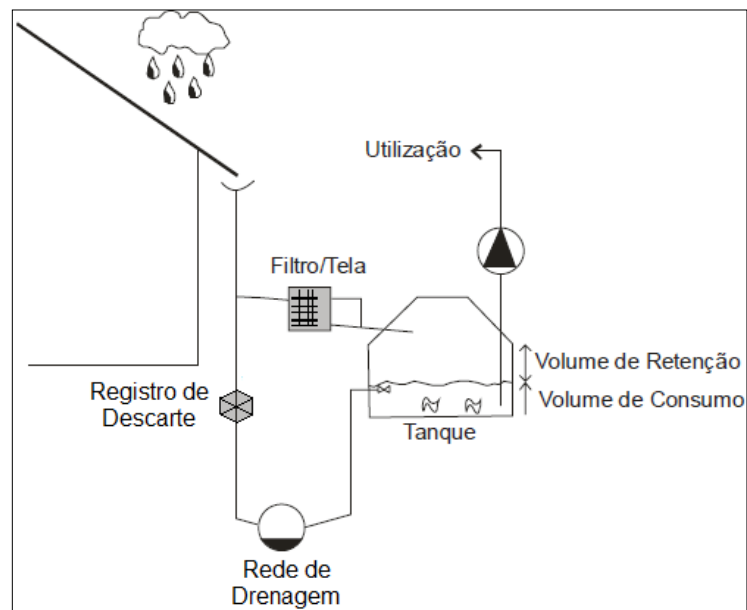


Figura 36: Sistema com volume de retenção
Fonte: Adaptado de HERRMANN & SCHMIDA, 1999.

O quarto e último sistema é apresentado na Figura 37, onde o excedente pluvial é destinado a zonas de infiltração, recuperando o balanço hídrico original e auxiliando o sistema de rede de drenagem. O sistema com infiltração pode ser mais bem visualizado na Figura 38 e Figura 39.

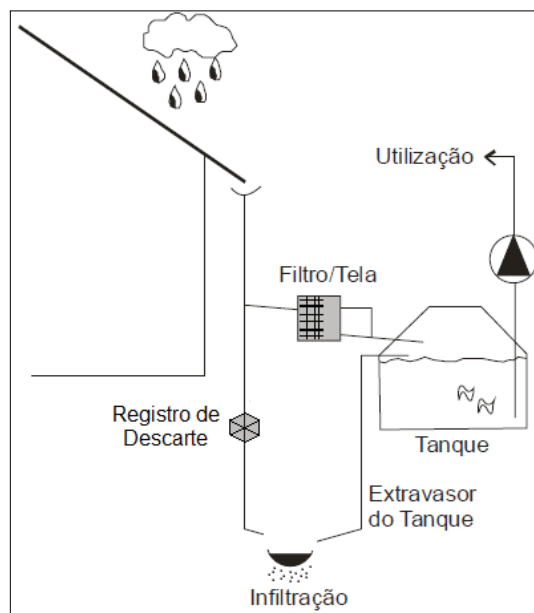


Figura 37: Sistema com infiltração
Fonte: Adaptado de HERRMANN & SCHMIDA, 1999.

Levando em consideração que precipitações intensas podem ocorrer com o passar dos anos (Tempo de Retorno maiores que 100 anos), o extravasor do reservatório passa a funcionar, pois o mesmo atinge o nível máximo, acarretando o descarte direto da água pluvial no sistema de rede de drenagem. Para solucionar este problema pode-se pensar em medidas como valeta de infiltração (Figura 38) e de percolação sobre o solo (Figura 39).

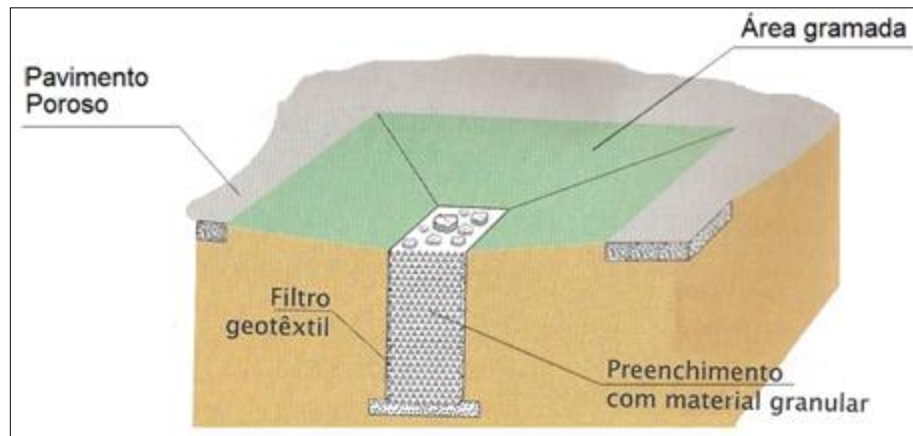


Figura 38: Valeta de infiltração com trincheira de percolação
 Fonte: Adaptado de CANHOLI, 2005.

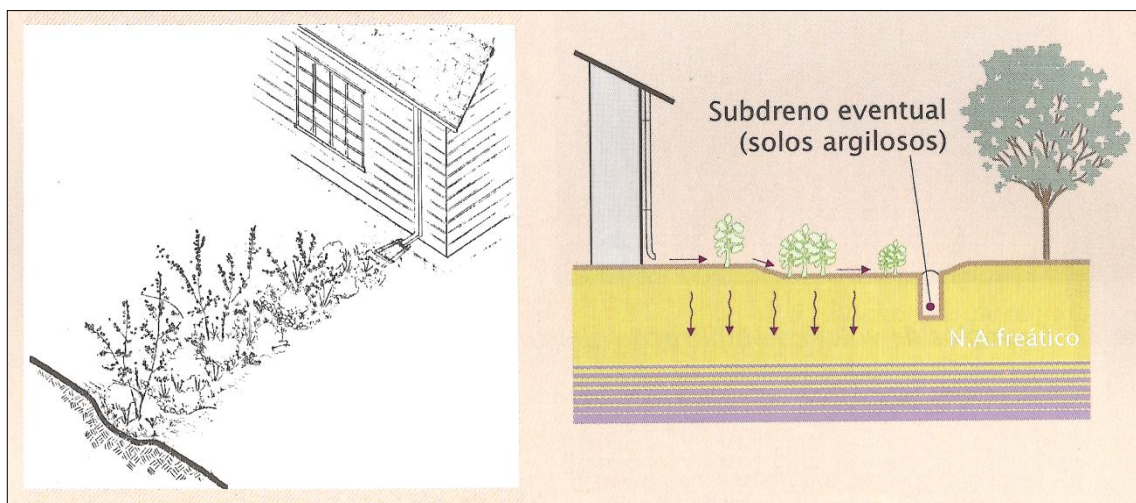


Figura 39: Valeta de percolação
 Fonte: CANHOLI, 2005.

Caso a utilização destas medidas não seja aplicada em função da falta de disponibilidade de área, uma alternativa é utilizar sistemas enterrados de infiltração como apresentado na Figura 40.

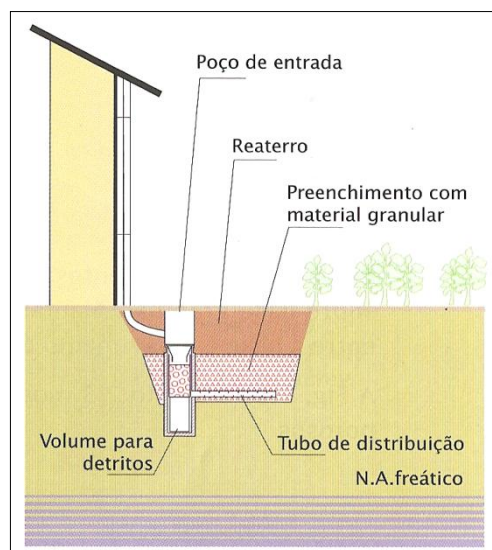


Figura 40: Valeta enterrada de percolação
Fonte: CANHOLI, 2005.

Os benefícios dos sistemas de aproveitamento das águas pluviais são refletidos na drenagem urbana, como por exemplo, a atenuação do pico de cheia do hidrograma unitário de uma determinada bacia hidrográfica, reduzindo os riscos de inundações e enchentes como mostra a Figura 41. A utilização de materiais porosos nas superfícies é uma medida adotada para projetos que buscam a pavimentação do entorno, auxiliando também o sistema de drenagem urbana.

Segundo Pompeo (1999), o sistema de drenagem urbana é o conjunto de medidas que têm como finalidade a minimização dos riscos aos quais a sociedade está sujeita e a diminuição dos prejuízos causados pelas inundações, possibilitando o desenvolvimento urbano da forma mais harmônica possível, articulado com as outras atividades urbanas, e tem como objetivo assegurar trânsito de pedestres e veículos; diminuir os prejuízos causados por inundações e empoçamentos, protegendo as pessoas e seus bens; proteger obras, edificações, vias públicas e preservar fundos de vale; controlar erosões; possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável.

Diante do exposto o sistema de captação de água da chuva com sistema de reservação ou seguidos por bacia de percolação e infiltração são alternativas viáveis e sustentáveis para os grandes centros urbanos. Muito pouco tem sido realizado no sentido de buscar controlar as inundações por estes processos no Brasil, uma medida para que isto ocorra seriam medidas administrativas e técnicas que são implantadas através do Plano Diretor Urbano.

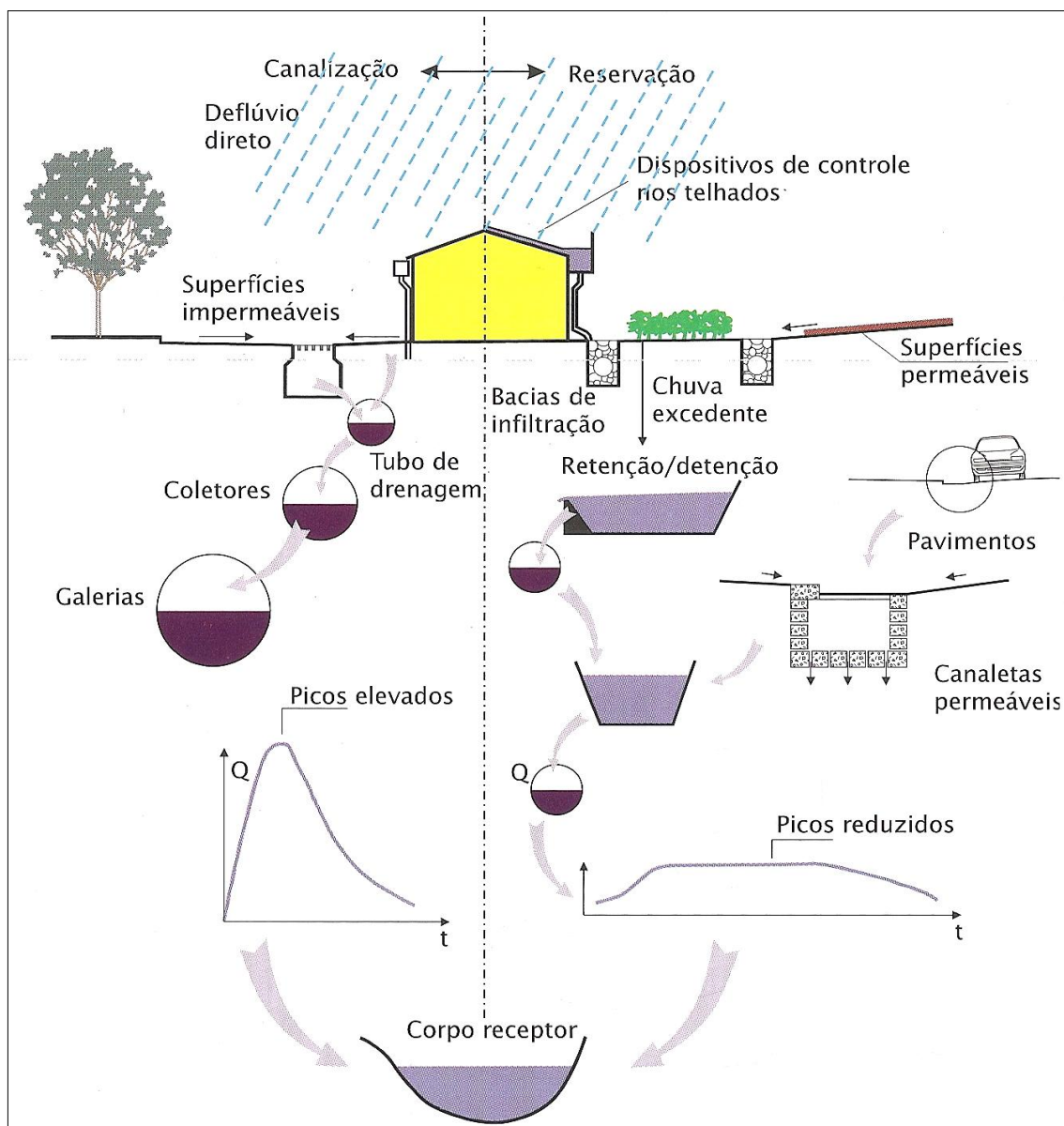


Figura 41: Comparação entre residências sem e com sistemas de reservação
 Fonte: CANHOLI, 2005.

4.7.3 Tecnologias para Redução do Consumo e Desperdício

O uso de dispositivos automáticos (hidromecânico/eletrônico) em equipamentos sanitários pode ser uma forma de melhorar o funcionamento dos mesmos; em geral possuem como vantagem o aumento da higiene, a facilidade de manutenção e operação, a economia no consumo de água e na diminuição do volume de esgoto gerado, além da melhoria da comodidade e satisfação do usuário.

A especificação de equipamentos hidráulicos economizadores de água deve ser

realizada de acordo com as necessidades e o tipo de usuário, com as atividades relacionadas com consumo de água do local, com a avaliação técnico-econômica e com as características e condições do sistema onde serão incorporados (OLIVEIRA, 1999).

Estudos realizados pelo Departamento de Saúde Australiano - NSWHEALTH (2000), conclui que os maiores consumos doméstico de água estão na descarga sanitária, chuveiro e lavagem de roupas como pode ser observado Tabela 3. O uso de dispositivos hidráulicos economizadores para estes equipamentos é fundamental, a fim de buscar resultados mais significativos em economia de água.

Atividade	% do consumo médio de água
Beber/cozinhar	3,7
Lavar louças	4,3
Limpeza de casa	6,1
Asseio pessoal (sem banho)	12,3
Lavar roupa	18,4
Banho / chuveiro	24,5
Descarga sanitária	30,7

Tabela 3: Distribuição da água no consumo doméstico

Fonte: NSWHEALTH, 2000.

As torneiras com funcionamento hidromecânico (fechamento automático) geralmente são dotadas de arejador, que melhora o seu desempenho em relação à economia de água. Há equipamentos que permitem a variação do tempo de abertura na própria peça, através de uma chave restrita, e os que apresentam tempo de abertura pré-determinados como apresentado na Figura 42.



Figura 42: Torneira hidromecânica

Fonte: DECA, 2010.

O acionamento das torneiras com funcionamento por sensor de presença (eletrônico) se dá imediatamente ou até 4 segundos da detecção da presença do usuário, evitando-se acionamentos acidentais, também apresenta melhores condições de higiene, o modelo pode ser observado na Figura 43.



Figura 43: Torneira com sensor de presença
Fonte: DECA, 2010.

As torneiras com funcionamento por válvula de pé são caracterizadas por apresentarem um sistema de acionamento no piso, à frente da torneira, sendo o fluxo de água liberado durante o tempo em que o usuário permanecer com o pé sobre o acionador. Apresenta desvantagens pela deterioração do acionador de borracha ao longo do tempo (perfurações e desgaste da superfície) e vulnerável caso objeto pesado for deixado sobre o sistema acionador, gerando desperdícios, o modelo pode ser observado na Figura 44.



Figura 44: Torneira com válvula de pé
Fonte: DOCOL, 2010.

Os arejadores são sistemas instalados na extremidade da torneira, reduzindo a passagem da água pela introdução de peças perfuradas ou telas finas e podem apresentar orifícios na lateral para a entrada de ar durante o fluxo da água. Podem atuar no controle da dispersão de jato e na redução da vazão, levando a uma diminuição do consumo de água, os modelos de arejadores podem ser observados na Figura 45.



Figura 45: Arejadores
Fonte: DOCOL, 2010.

Nas válvulas para mictório de acionamento hidromecânico o sistema a ser pressionado é ligado ao mictório através de uma tubulação que conduz a água. A vazão (em torno de 6L/min) e o tempo de fechamento (de 4 a 12seg), funções reguláveis no equipamento, são os parâmetros que definirão o volume de água liberado por descarga (não recomendado para mictórios coletivos), o modelo de acionamento hidromecânico para mictórios pode ser observado na Figura 46.



Figura 46: Válvula para mictório hidromecânico
Fonte: DOCOL, 2010.

O funcionamento da válvula para mictório acionamento por sensor de presença se dá automaticamente durante cerca de 5 segundos, a partir da detecção da presença do usuário e dura cerca de 5 a 10 segundos, o modelo de válvula para mictório acionamento por sensor de presença pode ser observado na Figura 47.



Figura 47: Válvula para mictório com sensor de presença

Fonte: DOCOL, 2010.

As bacias sanitárias com caixa acoplada também se caracterizam por necessitar de apenas cerca de 6,8 litros de água para realizar o arraste dos dejetos e a limpeza interna de forma eficiente. Existem equipamentos que apresentam dois botões de acionamento de descarga, sendo um que libera uma descarga de cerca de 6,8 litros, capaz de arrastar efluentes com sólidos e o outro, que libera cerca de 3 litros de água, suficientes apenas para a limpeza de urina, o modelo de caixa acoplada de dois estágios pode ser visto na Figura 48.



Figura 48: Bacia sanitária com caixa acoplada dois estágios

Fonte: ICASA, 2010.

Os sistemas de descargas convencionais também começam apresentar dois ciclos de acionamentos, pois foram e são considerados os vilões do desperdício. O sistema funciona igual o convencional, porém com dois botões para acionamento (3 e 6 litros), como mostra a Figura 49.



Figura 49: Descarga de dois estágios
Fonte: HYDRA, 2010.

O restritor/regulador de vazão limita a quantidade de água das torneiras ou chuveiros e deve ser instalado de acordo com cada modelo, podendo gerar economia de até 40%. Vale ressaltar importância do acompanhamento de um técnico para efetuar a instalação devido à grande variação de "pressão" existente nos diferentes pontos de consumo. A Figura 50 apresenta tipos de restritores de vazão.



Figura 50: Restritor de vazão
Fonte: TIGRE, 2010.

Segundo Nunes (2006), os aparelhos economizadores de água, como bacias sanitárias com volume de descarga reduzido (VDR), torneiras com fechamento automático e controle de vazão em chuveiros e mictórios, só começaram a aparecer no Brasil em 1995. Este mesmo autor descreve que a maioria dos equipamentos hidráulicos economizadores apresentam uma redução do consumo de 40 a 50 %.

Todos esses equipamentos citados anteriormente apresentam um custo de mercado maior que os equipamentos tradicionais, a consciência, uso correto e manutenção dos aparelhos tradicionais podem ser uma solução em curto prazo para econômica de água. Os principais equipamentos hidráulicos economizadores de água são apresentados na Tabela 4 com seus respectivos percentuais de redução média de consumo.

Equipamento	Tipo	Redução Média (%)
Torneiras	Hidromecânica	48,0
	Sensor	58,0
	Eletrônicas Embutidas	58,0
	Funcionamento por válvula de pé	52,0
Arejadores	Arejadores	24,0
Dispositivos de Descarga para Mictórios convencionais	Válvula de acionamento hidromecânica	50,0
	Válvula de acionamento por sensor de presença	50,0
Chuveiros e duchas	Registro Regulador de vazão	40,0
	Válvulas de fechamento automático	42,0
Bacias Sanitárias	Válvulas de descarga de ciclo seletivo (6 litros)	50,0
	Caixa acoplada (6 litros)	50,0
Dispositivos para acionamento para descargas de bacias sanitárias	Válvulas de descarga de ciclo seletivo	*
	Válvulas de descarga de ciclo fixo (6 litros)	50,0
	Válvulas de descarga de duplo acionamento	*
	Válvula de descarga por sensor	50,0
	Mecanismo de descarga com duplo acionamento (caixa acoplada)	*
Redutores de vazão	Registro regulador de vazão para lavatórios	40,0
Redutores de pressão	Redutor de pressão	*

Tabela 4: Principais equipamentos hidráulicos economizadores de água

Fonte: Adaptado de NUNES, 2006.

A redução de vazões em sistemas prediais de esgotamento sanitário oriundos de volumes reduzidos de descarga de bacias sanitárias pode levar a problemas de autolimpeza em ramais e coletores devido à menor altura da lâmina de água e à menor capacidade de geração de ondas, responsáveis pelo transporte dos sólidos. A adoção indiscriminada de sistemas prediais de consumo reduzido de água sem uma prévia análise global dos sistemas predial e público (sistema de esgotamento sanitário).

Outro método para economia de água pode ser obtido através de um sanitário seco como mostrado na Figura 51, que substitui o tradicional vaso sanitário com água, onde inclusive deve-se jogar os restos orgânicos domésticos. Todo esse material sofre o processo biológico da compostagem aeróbica e se transforma em adubo. Além de economia de água desenvolve importante papel no tratamento natural dos dejetos humanos.

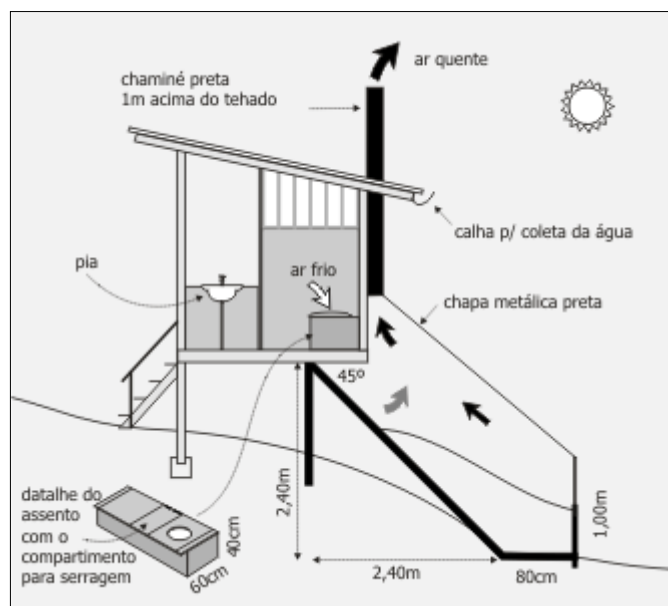


Figura 51: Banheiro seco
Fonte: SETELOMBAS, 2009.

De fato, os banheiros secos vêm sendo tratados como uma das alternativas para o problema da poluição da água de maior potencial. O Conselho Norte Americano de construções ecológicas estabelece que o banheiro seco como uma das tecnologias de maior potencial atualmente (LEED, 2008).

A grande dificuldade de aplicar o sistema de banheiro seco está diretamente relacionada à cultura de determinado País ou região, geralmente a inserção de um novo modelo de banheiro após anos de convívio e adaptação com o modelo atual (utilização de água) enfrenta preconceitos e dificuldade de aceitação, dificultando a transição e divulgação desta alternativa.

4.7.4 O Reuso de Água

Água cinza é definida como o efluente proveniente do uso primário da água em lavatórios, chuveiros, banheiras, tanque e máquina de lavar roupas. A maior quantidade de águas cinzas é proveniente do setor de maior consumo, no caso chuveiro/banheira e lava roupa.

Segundo Zabroki e Santos (2005), a utilização da água cinza em usos menos nobres, como as descargas de bacias sanitárias e a lavagem de pisos e automóveis, pode contribuir, com uma redução no consumo per capita de 53 litros por habitante por dia, o que representa

uma economia de 17% de água potável nas habitações. Porém concluem que entre os parâmetros analisados da água cinza apenas o pH atende as exigências prescritas para o reúso urbano em descargas sanitárias e na irrigação. Os demais superam os valores preconizados, o que restringe o seu uso antes de submetê-la a um tratamento.

Um sistema de tratamento para águas cinzas pode ser composto de caixa de gordura (remoção de gordura), Filtros (remoção de partículas como pêlos, terra e poeira), cloradores (desinfecção) e um Sistema de bombeamento (recalar a água do piso inferior para o reservatório superior).

Existem modelos de reúso, como apresentado por Pereira (2006) onde a água cinza passa por um tratamento de peneiras e por dois cloradores como é apresentado na Figura 52. Onde este modelo aproveita o efluente oriundo do piso superior da edificação, evitando o uso de conjunto moto bomba.

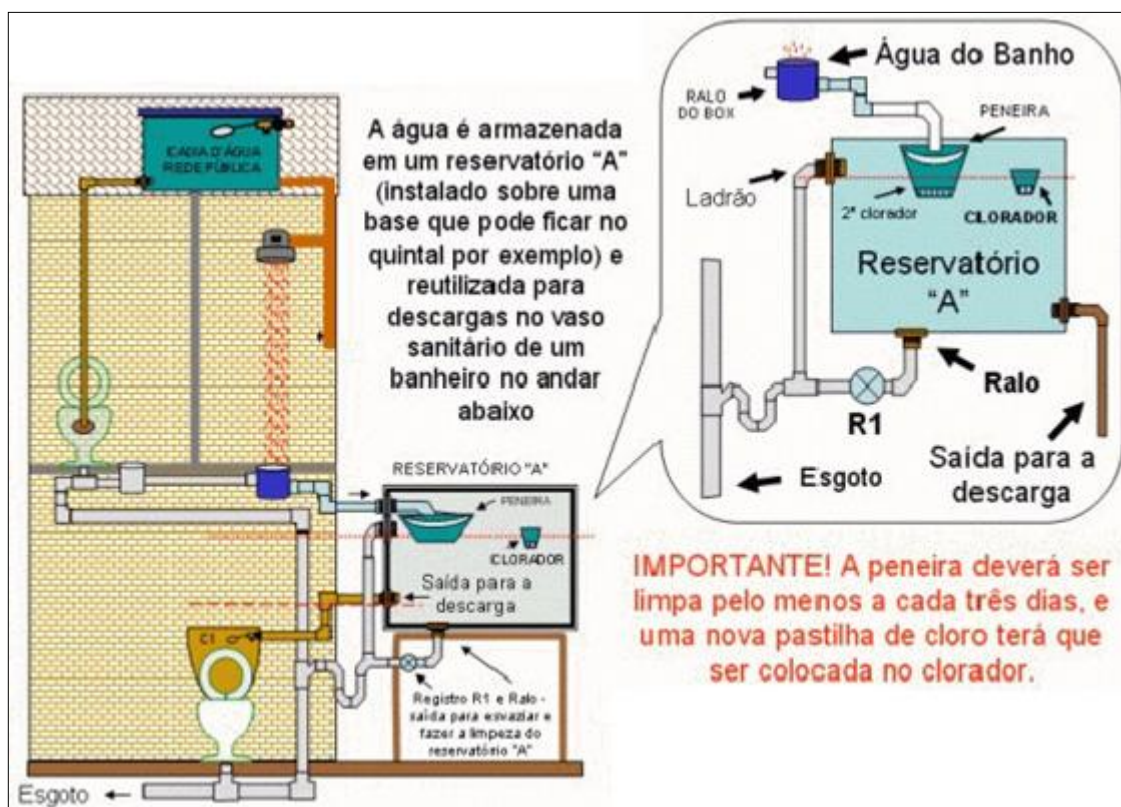


Figura 52: Reúso da água do banho

Fonte: SOCIEDADE DO SOL adaptado por PEREIRA, 2006.

4.7.5 Sistema de Tratamento Wetland

O tradicional tratamento de esgoto carrega os dejetos (excreta humana, água de sabão, efluentes industriais etc.) em locais de tratamento que muitas vezes não são capazes de tratar completamente os efluentes, despejando seu produto em os rios, lagos, lençóis subterrâneos e mares. Além disso, desperdiça cerca de 15.000 litros de água tratada ou potável por ano, para evacuar apenas 35 kg de fezes e 500 litros de urina por pessoa, política no mínimo questionável tendo em vista a escassez de água e de recursos que enfrentam a maioria das cidades no mundo. Nota-se, pelo exposto, que apenas a coleta de esgoto, sem tratamento e destinação adequada, não gera a melhoria esperada nas condições de saúde da população (DUQUE, 2002).

Os wetlands são sistemas artificialmente projetados para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam águas residuárias (SOUSA et al., 2000). O sistema de tratamento por zonas de raízes é apresentado na Figura 53, onde este mesmo autor descreve que as macrófitas aquáticas utilizadas nos sistemas wetlands constituem:

- Fácil propagação e crescimento rápido;
- Alta capacidade de absorção de poluentes;
- Tolerância a ambiente eutrofizado;
- Fácil colheita e manejo e valor econômico.

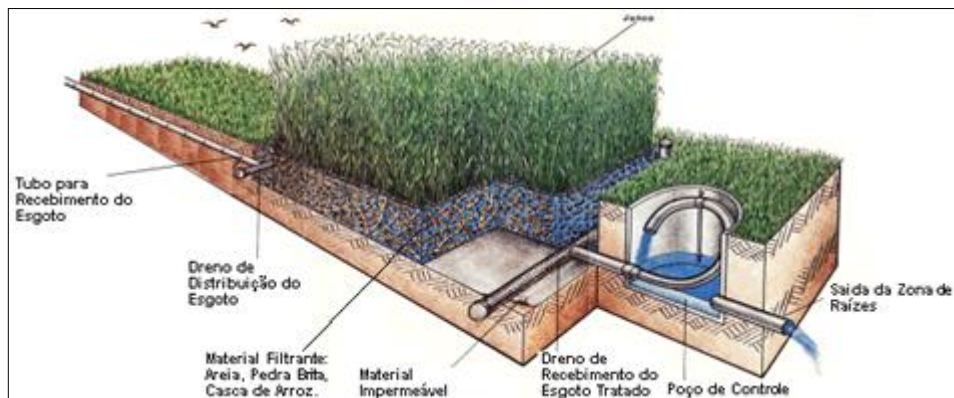


Figura 53: Sistema de tratamento por zonas de raízes

Fonte: ADEMADAN, 2010.

Quando se dispõe de área para aplicação de um sistema de tratamento de efluentes domésticos local, é interessante optar por sistema wetland, pois além de não utilizar energia elétrica não necessita produtos químicos. A Figura 54 a apresenta o tratamento em uma residência pelo sistema combinado de A – Fossa Séptica, B – Filtro Anaeróbio, C – Wetland e por fim D – Coletor Futuro (Sistema de Esgotamento Sanitário).

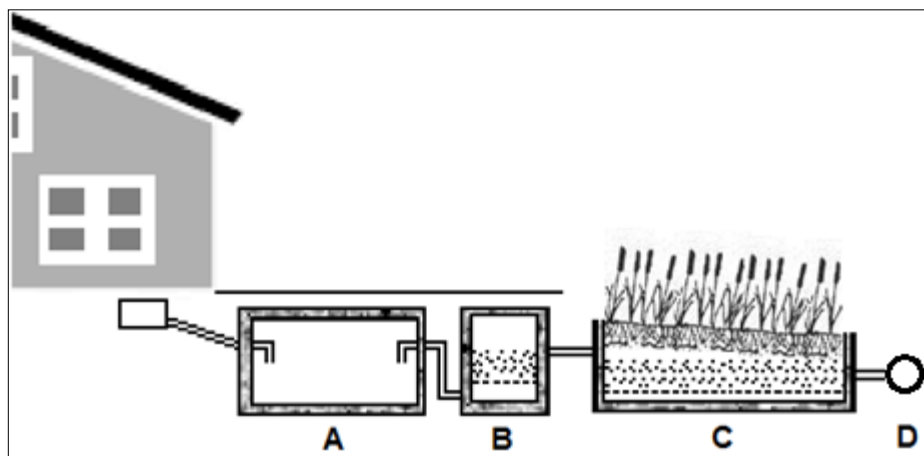


Figura 54: Sistema combinado fossa, filtro e zona de raízes

Fonte: Elaboração Própria.

Algumas plantas são utilizadas especificamente para este tipo de tratamento mostradas na Tabela 5, porém o junco tem vantagens frente às demais plantas aquáticas por seu comprimento de suas raízes, a capacidade de oxigenação da água e a baixa necessidade de manutenção, como podas e retirada de mudas, entre outras.

Plantas Emergentes	Plantas Submergentes	Plantas Flutuantes
Scirpus spp.	Elodea muttallii	Lenna spp.
Typha spp.	Ceratophyllum demersum	Eichhornia crassipes
Eleocharis spp.		Wolffia arrhiza
Juncus spp.		Azolla caroliniana

Tabela 5: Espécies de macrófitas para processos de tratamento de águas residuárias

Fonte: VALENTIM, 2010.

Este sistema combinado de macrófitas e material granular (leito) presente no sistema wetland, desempenha eficiências significativas na remoção de cargas poluidoras, apresentando em média 87% de eficiência na remoção de DBO, tal percentual foi obtido pelos estudos realizados por Kaick (2002), Costa (2003) e Pareschi (2004), que apresentam respectivamente, 83,9, 88 e 86% de remoção de DBO, fazendo-se notar a função da rizosfera juntamente com o leito (brita e areia) e o biofilme microbiano, na retenção de matéria

orgânica. Resultados similares foram também encontrados por Roston (1993), quando conclui que um sistema simples, constituído por leitos de plantas aquáticas, pode apresentar uma eficiência de 90% na remoção da DBO.

A remoção de DQO fica em torno de 82%, tal percentual foi obtido pelos estudos realizados por Kaick (2002), Mazzola (2003) e Pareschi (2004), que obtiveram, respectivamente, 81,6, 77,86 e 86% de redução nos níveis de DQO em suas avaliações. Para remoção de nitrogênio o sistema apresenta em média 55% de eficiência, onde Pareschi (2004) avaliando em dois períodos obteve eficiências entre 75 e 85%. Ceballos et al. (2000) as percentagens de remoção de Namoniacal foram crescentes ao longo do tempo, variando desde 54,4 a 72,2%. Kaick (2002) em seu trabalho relata ter alcançado apenas 22,23% de remoção de N-total.

Resultados mais expressivos ocorrem na remoção de coliformes fecais, onde a taxa de redução gira em torno de 98%. Pareschi (2004) também constatou eficiência de 99,9% na remoção de coliformes fecais e Salati Jr. et al. (1999) citam 99% de remoção de coliformes fecais.

Os sistemas de tratamento de efluentes wetlands pode ser uma solução viável onde inexistente sistema de esgotamento sanitário, com a desvantagem de necessitar disponibilidade de área (ideal para zonas agroindustriais). A capacidade de depuração global do sistema atinge a taxa de remoção entorno de 80% e caracteriza-se por um tratamento de baixo custo e sem uso de energia elétrica.

4.8 GESTÃO DOS RESÍDUOS NA EDIFICAÇÃO

4.8.1 Resíduos Sólidos da Construção Civil

O rápido crescimento da população mundial e sua concentração em grandes centros urbanos têm acentuado os problemas ambientais nessas aglomerações, principalmente aqueles relacionados ao acúmulo e/ou disposição inadequada de resíduos sólidos da construção civil.

Segundo Carneiro et al. (2001), a construção civil é considerada uma das atividades que mais geram resíduos e alteram o meio ambiente, em todas as suas fases, desde a extração de matérias-primas, até o final da vida útil da edificação. John (1996) salienta que os valores

internacionais para o volume do entulho da construção e demolição oscilam entre 0,7 e 1,0 toneladas por habitante/ano.

A grande problemática que engloba os resíduos sólidos é uma das principais questões de gestão a serem resolvidas pelos estados e municípios, pois 68,5% dos resíduos gerados em 4.026 dos 5.507 (IBGE, 2003) municípios brasileiros, têm como destino final os lixões a céu aberto, e alagados (COSTA, 2003).

Todo este problema é fortemente agravado pelo setor da construção civil, pois os resíduos gerados pela atividade, os chamados RCCs, estão presentes dentro dos limites urbanos, e representam em torno de 41% a 70% da massa total dos resíduos sólidos urbanos (PINTO, 1999 apud COSTA, 2003).

No Brasil, a discussão sobre a utilização de resíduos ainda se desenvolve com maior frequência no ambiente técnico científico. A reciclagem de resíduos como material de construção ocorre ainda com maior intensidade com relação à reciclagem de resíduos industriais da indústria do aço que são utilizados na fabricação de cimento Portland e na produção de concretos e argamassas (ANGULO; ZORDAN & JONH, 2001).

Atualmente com a crescente degradação do meio ambiente e a preocupação das indústrias em atender às novas legislações, que as responsabilizam por essa degradação ambiental provocada pelos seus resíduos de produção, fazem com que esses resíduos industriais sejam utilizados cada vez mais em substituição de parte do cimento (escória granulada de alto-forno, cinza pozzolânica e sílica ativa). Isso ocorre, pois além de favorecer a economia dos recursos naturais, pode reduzir os danos à natureza causados pela disposição desses resíduos ao ar livre e contribuir também para a diminuição dos percentuais de CO₂ adicionados à atmosfera durante a fabricação do cimento Portland (BOURGUIGNON et al., 2004).

Especificamente em relação aos RCC, somente em 2002 foram definidas diretrizes acerca do gerenciamento destes, quando da publicação pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, da Resolução nº 307, de 05 de junho de 2002.

Esta mesma resolução enquadrou os resíduos da construção civil nas seguintes categorias:

Classe A são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes

cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

- De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Classe B são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

Classe D são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

A partir desta publicação do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, da Resolução nº 307, de 05 de junho de 2002, a responsabilidade pela gestão dos RCC passa da administração pública para os geradores. E considerando que a própria Resolução preconiza a não geração de resíduos como o elemento básico para a gestão dos canteiros de obras, coloca-se, a partir daí, uma nova realidade para a construção civil brasileira.

Segundo Fraga (2006), o desperdício de materiais, principal aspecto para a geração de entulho, ocorre desde a seleção de fornecedores; passando pela etapa de projeto, aonde se tem soluções inadequadas e não otimizadas; na fase de aquisição dos materiais quando do transporte, recebimento e armazenamento no canteiro de obras; na fase de execução da obra com aumento do consumo de materiais para correção das imperfeições; até à fase de pós-ocupação onde ocorre desperdício de materiais em função de reparos. O desperdício de tempo está relacionado com a falta de organização e planejamento do tempo gasto em cada etapa de execução de serviços no canteiro de obras.

Um dos problemas ambientais decorrentes da geração de RCC é a saturação de espaços disponíveis nas cidades para descarte desses materiais, uma vez que eles correspondem a mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos, muitas vezes descartados de forma inadequada em margens de rios (impactos sobre mata ciliar e drenagem superficial e até a obstrução de córregos), estradas, terrenos desocupados ou até mesmo deixados em pontos de coleta de lixo domiciliar, originando impactos sócio-econômicos e ambientais. Estes problemas poderiam ser evitados reduzindo a extração de recursos naturais, buscando formas de reutilização e/ou reciclado aproximando-se da sustentabilidade no setor da construção

civil.

A maioria das soluções adotadas na gestão de resíduos na construção civil é em sua maior parte, de caráter emergencial e sempre de forma bastante coadjuvante com a simples troca de locação do resíduo, podendo ser chamada de gestão corretiva que engloba uma série de atividades não preventivas, repetitivas e custosas que não alcançam resultados.

Essa gestão se sustenta numa inevitabilidade de áreas com disposições irregulares que degradam o meio urbano, e se mantém enquanto houver áreas de aterramento nas proximidades dos centros geradores de resíduos (FRAGA, 2006). Este mesmo autor define essa prática da adoção de áreas para aterro de materiais é claramente insustentável, uma vez que elimina, progressivamente, as poucas áreas naturais existentes nos centros urbanos (várzeas, vales e outras regiões de baixada), que são primordiais para o escoamento de grandes volumes de água concentrados no solo urbano impermeabilizado.

4.8.2 Produção mais Limpa Aplicada a Gestão de Resíduos da Construção Civil

A Produção mais Limpa aplicada a gestão de resíduos da construção civil possibilita garantir processos mais eficientes, onde segundo CNTL (2010) descreve que a minimização de resíduos não é somente uma meta ambiental mas, principalmente, um programa orientado para aumentar o grau de utilização dos materiais, com vantagens técnicas e econômicas. Considera que a minimização de resíduos e emissões.

Lora (2000) descreve os benefícios decorrentes da implementação da produção mais limpa, Considerando que a P+L foca-se na minimização de resíduos na fonte:

- O controle de resíduos na fonte leva à diminuição radical da quantidade. Conseqüentemente, se reduz custos de produção devido à utilização mais eficiente das matérias-primas e da energia, bem como custos de tratamento;
- A prevenção de resíduos, diferentemente do tratamento de resíduos, implica em benefício econômico, tornando-a mais atrativa para as empresas;
- Melhoria da imagem ambiental;
- Maior facilidade em cumprir as novas leis e regulamentos ambientais, o que implica em um novo segmento de mercado.

A minimização de entulho é uma metodologia que busca a redução do volume de um determinado resíduo. Segundo “Construction Industry Research and Information Association”

(1999) considera como minimização qualquer técnica, processo ou atividade que possa evitar, eliminar ou reduzir o volume de resíduo na sua origem ou permitir o reuso ou reciclagem do resíduo para outras finalidades.

A “European Environment Agency” (1999) trabalha a definição de minimização de resíduo através dos seguintes elementos, organizados por ordem de prioridade:

- Prevenção e/ou redução da geração de resíduo na fonte;
- Melhoria da qualidade do resíduo gerado, como por exemplo, a redução da sua periculosidade;
- Incentivo ao reuso, reciclagem ou recuperação do resíduo.

Segundo Fraga (2006) quantificação do volume de resíduo esperado para uma determinada obra de construção civil é algo bastante variável, dependendo dos seguintes fatores:

- Padrão de qualidade da obra;
- Tecnologia construtiva adotada;
- Qualidade da mão-de-obra utilizada;
- Gerenciamento adequado sobre os serviços executados.

As perdas de material no processo construtivo classificam-se como diretas ou indiretas onde. A perda direta ocorre quando o material de construção é danificado, não podendo ser utilizado ou recuperado, ou quando de seu uso durante o processo construtivo. A perda indireta consiste na perda devido à utilização do material em excesso, ou de forma inadequada.

O desperdício é uma das características marcantes do setor da construção civil e um dos indicadores dos custos de não-qualidade dentro das empresas. Segundo Souza (1995), o desperdício se manifesta na empresa construtora da seguinte forma:

Devido a falhas ao longo do processo de produção, como a perda de materiais que podem sair da obra na forma de entulho ou ficar agregados a ela sem nenhuma função (o entulho que fica); o retrabalho feito para corrigir serviços em não conformidade com o especificado; tempos ociosos de mão-de-obra e equipamentos por deficiência de planejamento de obras e ausência de uma política de manutenção de equipamentos; através de falhas nos processos gerenciais e administrativos da empresa: compras feitas apenas na base do menor preço; deficiências nos sistemas de informação e comunicação da empresa; programas de seleção, contratação e treinamento inadequado; perdas financeiras por deficiência de contratos e atrasos de obra; retrabalho administrativo nas diversas áreas da empresa; em função de

falhas na fase de pós-ocupação das obras, caracterizadas por patologias construtivas com necessidade de recuperação e altos custos de manutenção e operação, com prejuízo da imagem da empresa junto ao mercado.

Uma pesquisa realizada por Pinto (1989) em uma obra de 3.650 m², conclui que 20% (em massa) do material empregado foi desperdiçado, onde uma parte sai da obra na forma de entulho e a outra metade fica incorporada à construção. Conclui também que este desperdício de materiais leva ao aumento de custo da edificação de aproximadamente 6%. Estudos realizados por Picchi (1993) quantificou valores médios encontrados para o volume de resíduos de construção e demolição (RCD), onde conclui que os RCDs gerados são de 0,10 m³/m².

As estratégias adotadas por Poon e Jaillon (2002) para o ciclo de vida visando à redução de RCC, foram estudadas por Fraga (2006) e apresentadas de forma reduzida na Figura 55.

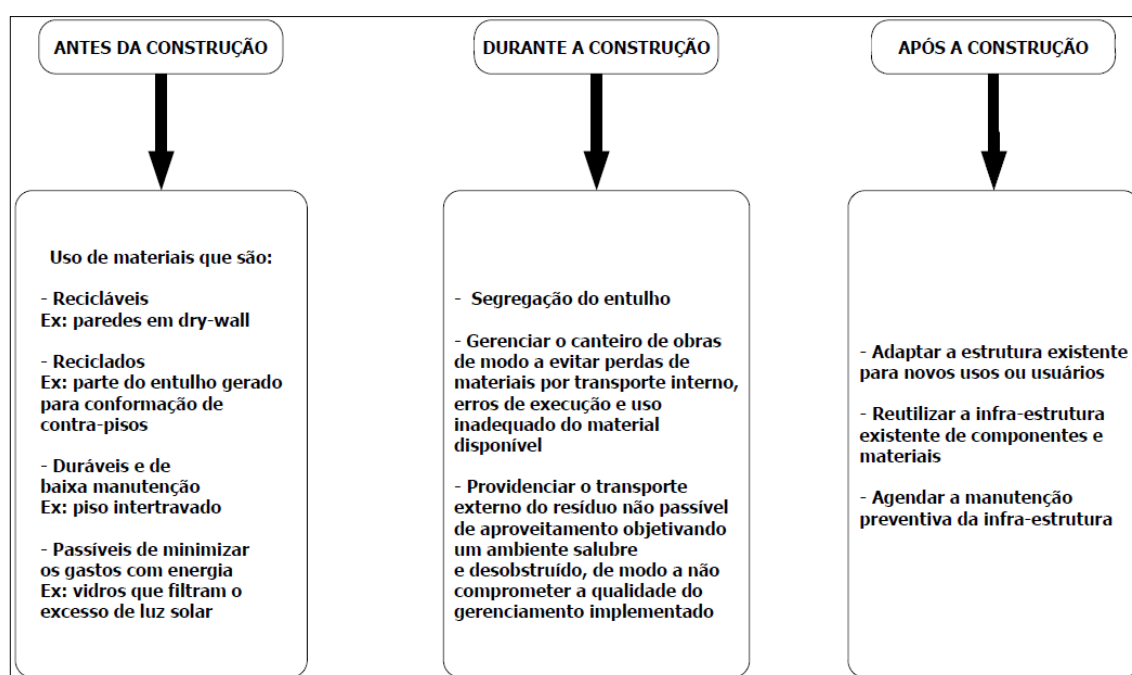


Figura 55: Otimização ciclo de vida da edificação
Fonte: FRAGA, 2006.

De acordo com uma pesquisa conduzida pelo Departamento de Engenharia Civil e Estrutural da Universidade Politécnica de Hong Kong, 79% dos profissionais entrevistados (em sua maioria arquitetos e engenheiros de estruturas), consideram como eficaz o detalhamento de projetos com base nas dimensões padronizadas dos materiais utilizados (cerâmicas, pedras, tijolos, etc.) como forma de evitar cortes desnecessários nas peças que

teriam como consequência, geração de grande quantidade de resíduo (HONG KONG, 1993).

Para a CEF (2001), entre os vários fatores que contribuem para a geração de resíduos no setor, estão:

- Definição e detalhamento insuficientes, em projetos de arquitetura, estrutura, fôrmas, instalações, entre outros;
- Qualidade inferior dos materiais e componentes de construção disponíveis no mercado;
- Mão-de-obra não qualificada;
- Ausência de procedimentos operacionais e mecanismos de controle de execução e inspeção.

Diante do exposto, são apresentados a seguir seis passos para se reduzir desperdícios e resíduos, minimizando o tempo de mão de obra.

1. Detalhamento de projetos, prevendo mínimos recortes em peças cerâmicas e pedras, evitando assim geração desnecessária de entulho;
2. Avaliação dos materiais disponíveis no mercado em comparação às dimensões propostas para determinado projeto;
3. Uso de outros materiais (em especial pré-fabricados), que possuam dimensões menos inexatas e que, dessa forma, exijam menos recortes;
4. Evitar a geração de entulho provocada por erros de assentamento de peças (em especial nesse caso, a qualificação da mão-de-obra utilizada torna-se fundamental);
5. Evitar o uso de formas de madeira, que comumente, são elementos que se tornarão entulho posteriormente. Deve-se, nesse caso, dar preferência a formas de metal ou plástico, reutilizáveis (investimento de médio prazo; melhora a uniformidade; economia de mão-de-obra e materiais);
6. Uso de materiais pré-fabricados em pisos e fachadas sempre que possível, evitando assim possíveis recortes e descarte de materiais, como comumente é o caso de pedras e outros materiais cerâmicos.

4.8.3 Gestão e gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil

A gestão dos resíduos sólidos deve objetivar a sustentabilidade sócio-econômica e ambiental dos processos desde a sua geração até a disposição final de forma segura,

considerando para tanto, ações como a reciclagem e reutilização de materiais, bem como mudanças nos padrões de consumo que permitam reduções na geração.

O gerenciamento é o sistema de gestão que busca os 3R's (reduzir, reutilizar ou reciclar), A forma sistematizada do gerenciamento dos resíduos da construção civil em um empreendimento pode ser compreendida em:

- a) Coletar e dar destino adequado a todo o resíduo gerado desde o início da obra (canteiro de obras) até a fase de finalização (acabamentos ou demolição);
- b) Desenvolver formas apropriadas de segregação e tratamento e destinação dos resíduos;
- c) Informação, sensibilização e conscientização das pessoas envolvidas no projeto (educação ambiental voltada ao ramo da construção civil), a fim de otimizar a limpeza, visto que é mais fácil concentrar esforços para conservar um ambiente limpo e organizado, do que constantemente executar dispendiosas ações de limpeza, para a remoção dos resíduos descartados de forma inadequada;
- d) Redução da geração de RCCs, através de capacitação dos funcionários para evitar desperdícios.

Segundo Castilhos Junior (2003), o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos deve ser integrado, englobando etapas articuladas entre si, desde ações visando a não geração de resíduos até a disposição final, compatíveis com os demais sistemas do saneamento ambiental, sendo essencial a participação do governo, iniciativa privada e sociedade civil organizada.

Desta forma, a busca por um programa de coleta resíduos da construção civil deve fazer parte do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município, articulando-se, de maneira integrada, com as demais técnicas a serem adotadas para o tratamento e destinação.

O CONAMA, através da Resolução nº 307, de 05 de junho de 2002. Define que projetos de gerenciamento devem contemplar duas etapas, onde a primeira esta relacionada ao Gerenciamento:

- I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
- II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;
- III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a

geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;

IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

V - destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta

Resolução.

E a segunda etapa esta relacionada à Destinação:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;

4.8.4 A Reciclagem dos Resíduos da Construção Civil.

Gonçalves (2003) classifica em três etapas os processos da cadeia produtiva da reciclagem: recuperação, que engloba os processos de separação do resíduo na fonte, coleta seletiva, prensagem, enfardamento; revalorização, que compreende os processos de beneficiamento dos materiais, como a moagem e a extrusão e, por fim, a transformação; que é a reciclagem propriamente dita, transformando os materiais recuperados e revalorizados em um novo produto. O ciclo da reciclagem seria otimizado com a concentração de todas estas etapas numa mesma região, evitando-se o transporte do material a longas distâncias para ser processado industrialmente, o que pode ser conseguido com a instalação de pólos de reciclagem.

Atualmente existe um crescimento de indústrias no ramo de reciclagem de resíduos da construção civil, produzindo blocos de concreto (oriundos de agregado reciclado sem função estrutural), sub-base de estradas e pavimentações, contenção de encostas, calçamentos

de concreto, blocos de concreto, enchimentos, confecção de meio fio, entre outros.

4.8.5 O Tratamento do Lixo Orgânico.

A compostagem é um método de reciclagem natural, que tem sido utilizada para reduzir os impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos orgânicos, úmidos ou putrescíveis. Este método permite que esses resíduos putrescíveis, como restos de comida, material de poda e restaurante, possam retornar ao solo na forma saudável de nutrientes. No Brasil, aproximadamente, 70% dos resíduos domésticos são constituídos de matéria orgânica onde na maioria das vezes acaba sendo depositado em aterros sanitários, não retornando ao ciclo natural de degradação, desperdiçando nutrientes e diminuindo o tempo de vida útil de aterros sanitários.

O processo é simples, os microorganismos se encarregam de transformar, os resíduos úmidos, por meio da degradação da matéria orgânica em presença de oxigênio, calor e água. A compostagem pode ser feita no quintal das casas, pois o odor e a presença de animais são controlados com uma cobertura que se aplica na pilha do composto, com o acréscimo de material seco e a aeração ou revolvimento da pilha de resíduos.

O local ideal para local a composteira deve ser sombreado, protegido de ventos intensos e, em sua ausência, deve-se optar por instalar uma cobertura removível, quando possível, a fim de evitar o ressecamento dos resíduos. Evitar locais com muita declividade e fácil acesso e dispor de água para molhar as leiras (camadas), um solo deve ser drenante e protegido de enxurradas.

O composto é o resultado da degradação biológica da matéria orgânica, em presença de oxigênio do ar, sob condições controladas pelo homem. Os produtos do processo de decomposição são: gás carbônico, calor, água e a matéria orgânica "compostada". O composto possui nutrientes minerais utilizado no cultivo de plantas de natureza diversa. Quanto mais diversificados os materiais com os quais o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que poderá suprir.

Concluindo-se que o processo exige pouco esforço e custos mínimos, pois transforma o lixo orgânico em adubo natural para o cultivo, trazendo grandes benefícios para o solo e plantas. Outro benefício é a redução considerável de lixo orgânico nas ruas e avenidas (redução dos odores desagradáveis nos centros urbanos) e ainda obtendo uma economia no

transporte dos resíduos úmidos para o Aterro Sanitário (aumento da vida útil).

4.9 QUALIDADE DO AR E DO AMBIENTE INTERIOR

4.9.1 A Síndrome do Edifício Doente (SED)

Segundo a Organização Mundial de Saúde (2009), a SED é causada por emissões de contaminantes por fontes de várias origens, isoladas ou associadas, e pode produzir diversos sintomas. Essas condições ambientais adversas produzem altas taxas de absenteísmo e considerável redução dos níveis de produtividade do trabalhador. Os sintomas decorrentes da síndrome podem estar ligados aos poluentes de origem química ou biológica.

A Síndrome do Edifício Doente (SED) é considerada como um problema de saúde pública. Alguns edifícios já estão sendo chamados de “doentes”, devido à péssima qualidade do ar em seus recintos, caracterizada por um estado doentio transitório dos usuários, já que os sintomas normalmente desaparecem quando as pessoas afetadas deixam o edifício.

4.9.2 Preservação de Ambiente Interior Saudável

A qualidade do ar é fundamental para a saúde dos ocupantes das edificações, para isso, evitar poluentes (monóxido de carbono, dióxido de carbono, amônia, óxido de enxofre e nitrogênio) é uma medida importante para o bem estar dos ocupantes. A maioria dos poluentes são produzidos dentro do edifício por materiais de construção baseados em solventes orgânicos, por materiais de limpeza, mofo, bolor, metabolismo humano e também pelas próprias atividades do homem, como cozinhar ou lavar e secar roupas.

Compostos Orgânicos Voláteis estão presentes nos produtos manufaturados, carpetes, tintas, vernizes, revestimentos, colas, impressoras lasers, fax, aldeídos, alcoóis.

Elementos integrantes da construção, principalmente elementos de acabamento, de acondicionamento acústico, tratamento térmico e mobiliário são elementos emissores desses compostos voláteis que podem ser altamente prejudicial à saúde humana. Requerem então uma atenção específica a fim de reduzir os danos que possam vir a causar.

Poeiras (fibras, partículas metálicas, sílica amianto e fumo de combustão) são elementos altamente danosos aos sistemas respiratórios dos ocupantes destas habitações.

A combinação destes elementos dentro do ambiente interior de um edifício dá origem à SED que é caracterizada por uma péssima qualidade do ar interior.

Segundo Robertson (1995), apresentam uma série de sintomas, tais como: dor de cabeça, náuseas, cansaço, irritação dos olhos, nariz e garganta, falta de concentração, problemas de pele, dentre outros.

Sua origem está relacionada ao fato de que aqueles com manutenção inadequada de suas torres de resfriamento e sistema de ventilação são fontes de microorganismos (EPA, 1991). A qualidade do ar interior é um instrumento de análise importante, pois o seu estado influi diretamente na saúde de seus ocupantes. São basicamente três os fatores de risco ao ar interior: Bioaerossóis (esporos, fungos, pólenes, fragmentos celulares e secreções) que podem causar nos ocupantes de espaços expostos a eles desde simples irritações até doenças graves. Desenvolvem-se ou pela falta de manutenção em sistemas de climatização ou pela deficiente taxa de renovação de ar dos ambientes.

A construção em centros urbanos leva seus ocupantes a passar mais tempo dentro de edifícios, tanto no trabalho quanto na vivência de sua habitação. De acordo com Parker (1993), isto significa que, na maior parte do tempo, estamos sujeitos a um ambiente artificial que é modificado pelo espaço fechado do edifício.

Os materiais de construção devem ser naturais, não distorcidos por processos industriais violentos que comprometam suas qualidades vitais ou biológicas. Nos materiais cerâmicos convém prestar a atenção na procedência das matérias-primas (evitar as escórias e subprodutos dos processos industriais) e a temperatura de cocção (evitar as temperaturas maiores que 950° C). Na madeira é importante que não tenha sido tratada com colas e produtos tóxicos, pois representam um risco para a saúde, sobretudo em ambientes internos.

Possuir um edifício saudável significa, ao menos, ter uma boa qualidade interior do ar, através do uso de adequadas taxas de ventilação, de sistemas de automação predial e de um monitoramento contínuo das instalações. Evitar o ar viciado e ambientes selados é fundamental para atingir tal objetivo. A qualidade do ar interno - QAI é uma área de pesquisa emergente no Brasil, e ainda existem inúmeras lacunas a serem preenchidas.

De acordo com EPA (2010), algumas medidas para reduzir a exposição aos contaminantes em uma residência

- Não fumar ou permitir que os outros o façam, caso o fumo não possa ser

evitado, aumentar a ventilação na área em que o fumo é executado através da abertura de janelas ou do uso de ventiladores;

- Instalar exaustores ou ventiladores em cozinhas e banheiros para reduzir a exposição a agentes biológicos;
- Aparelhos que produzam combustão devem estar bem calibrados e posicionados em locais que permitam boas condições de exaustão de suas emissões;
- As bandejas de água de condicionadores de ar, umidificadores e refrigeradores devem ser limpas com frequência. Carpetes ou tapetes molhados devem ser limpos e removidos;
- Utilizar o porão como uma área de vivência somente se ele tiver uma ventilação adequada e não tiver vazamentos. Usar umidificadores de ar, caso necessário, mantendo a umidade entre 30 e 50%;
- Ao utilizar produtos de limpeza, certificar-se de utilizá-los somente em locais com boas condições de ventilação e de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante;
- Lareiras devem ser verificadas freqüentemente, para limpeza e manutenção.

4.10 CONFORTO TERMO-ACÚSTICO

4.10.1 Controle da Temperatura

O primeiro elemento que é preciso estudar é o ciclo de temperatura, que pode ser analisado em relação ao dia ou ao ano. Em relação ao ciclo diário, os fatores que interferem na sua variação são a radiação solar e a radiação térmica emitida pela terra.

A curva de temperatura diária acompanha a curva de emissão de radiação da terra e não do sol, temperatura mínima diária ocorre ao nascer do sol, pois é o instante de máximo arrefecimento da superfície e a temperatura máxima diária ocorre no meio da tarde (com um atraso em relação à máxima radiação solar, mas coincidente com a máxima radiação térmica da superfície).

O mesmo pode-se observar em relação ao ciclo anual, onde as máximas e mínimas temperaturas do ar coincidem com a máxima radiação da superfície e apresentam um atraso térmico em relação às máximas solares. Os principais fatores que interferem a temperatura do ar são:

A latitude onde possui um efeito fundamental uma vez que afeta a quantidade de radiação solar recebida. O aumento da latitude leva a uma maior variação anual da temperatura, devido à maior variação do ângulo de incidência dos raios solares. Este fator também aumenta as desigualdades da temperatura entre os dias e as noites ao longo do ano.

Regiões oceânicas e continentais de mesma latitude apresentam ciclos de temperatura diários e anuais distintos. Isso ocorre porque a água aquece e arrefece mais lentamente que a terra, pois armazena maior quantidade de energia calorífica. Com isso, no Verão a terra está mais quente que o mar e no Inverno ocorre o oposto. A amplitude térmica nas regiões marítimas é menor que nas continentais. As regiões continentais próximas do mar têm climas mais amenos devido à proximidade de grande fonte de umidade.

Orografia (altitude e exposição) é o efeito da altitude na variação da temperatura. Para tal contribuem tanto a altitude quanto o grau de exposição do local à radiação e ao vento. Normalmente, a temperatura decresce com o aumento da altitude e a essa variação dá-se o nome de gradiente térmico vertical (GTV).

A posição geográfica, onde a temperatura de cada ponto geográfico sofre a influência dos ventos dominantes, bem como do tipo de cobertura dominante do solo. Este último fator é fundamental na regulação da temperatura, pois dele depende o albedo (índice de reflexão da superfície).

A nebulosidade e albedo, onde esta combinação da nebulosidade e do albedo afeta a temperatura máxima (maior ou menor radiação solar), como também a mínima (maior ou menor perda de radiação terrestre). Quanto maior a nebulosidade, menor será a amplitude térmica.

Atualmente os edifícios modernos são constituídos por fechamentos transparentes necessários não só para permitir o recurso à iluminação natural como também para oferecer ao usuário a visão do meio ambiente exterior.

Fernandes (2002) relata que tais fechamentos transparentes são elementos frágeis de uma edificação. Além de apresentarem transmissão térmica elevada e permitirem fácil passagem aos ruídos, são, invariavelmente, mais caros que os fechamentos opacos. Segundo este mesmo autor, os dois fatores inconvenientes quanto à transmissão térmica são:

1º) Suas espessuras sempre muito delgadas e sua condutibilidade térmica elevada facilitam a passagem do calor por condução e convecção derivando um aporte de carga térmica significativo;

2º) Sua transparência permite, obviamente, uma elevada transmissão da radiação solar (0,85) da radiação incidente, normal à superfície, no caso do vidro plano comum que se transforma em calor interno.

Concluindo-se que elementos internos, aquecidos, emitem radiações que, por suas características, radiações de onda larga onde são refletidas pelo vidro, mantendo-se no espaço interior, provocando o aumento da temperatura do ar interno (efeito estufa).

4.10.2 Inércia Térmica

Inércia térmica de uma edificação é capacidade da mesma armazenar energia em forma de calor, e liberar para o exterior quando a temperatura do entorno for menor que a de seus materiais. É medida com base na capacidade térmica, a partir da quantidade de calor que possa armazenar um elemento por unidade de massa, ao incrementar sua temperatura. Quanto maior a inércia térmica, melhor é o isolamento e mais constante a temperatura no interior.

Com uma inércia térmica adequada e com elementos com uma adequada isolamento, pode-se assegurar conforto interior durante as horas de maior temperatura e radiação solar no exterior e, dessa forma, controlar o excesso de calor (ANDRADE, 1997).

Para sólidos não metálicos, o mecanismo básico de condução está associado às vibrações das estruturas eletrônicas. Reforçar a resistência térmica dos materiais envolventes da edificação, a ação tem que ser feita em duas vertentes combinadas (espessura e condutibilidade da camada). A resistência térmica é definida como a relação espessura e condutibilidade térmica da camada.

Para se controlar a resistência temos que usar materiais isolantes (ou seja, de baixa condutibilidade), com a espessura necessária para a obtenção da resistência térmica desejada. É de fundamental importância não só a preocupação com as paredes da envolvente, mas também com os vãos envidraçados, os pavimentos em contato com o exterior ou solo, a cobertura e as pontes térmicas.

4.10.3 Estratégias para o Conforto Térmico

Como citados em itens anteriores, existe uma grande relação entre arquitetura e consumo energético, para buscar um controle térmico e acústico eficiente, busca-se na concepção de edificações o controle de temperatura interna e externa, respeitando a orientação solar das fachadas, dimensão correta das áreas envidraçadas, proteções solares internas (persianas, cortinas, películas de controle solar, entre outros), vidros especiais (com filtro solar) e proteções solares externas (brises-soleil). Estes artifícios consistem basicamente em:

- 1) Promover ou restringir ganhos de calor gerado no exterior
- 2) Promover ou restringir perdas de calor acumuladas no interior.

Arrefecimento Evaporativo consiste em aproveitar o arrefecimento que a evaporação provoca no ar quando este elemento entra em contato com a água como mostra a Figura 56. O arrefecimento dá-se com a retirada de calor sensível do ar, a fim de promover a mudança de estado da água de líquido para vapor. Em contrapartida, a água evaporada faz aumentar a pressão do vapor no ar, aumentando, assim, o seu calor latente. O processo caracteriza-se por ser adiabático. Ou seja, onde a entalpia (calor sensível + calor latente) do ar úmido é constante.

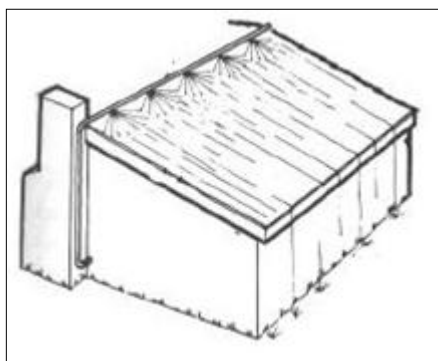


Figura 56: Resfriamento indireto através da cobertura
Fonte: LAMBERTS, 2005.

O processo é eficiente em climas quentes e secos. Este processo evaporativo pode ser utilizado para arrefecer o ar ambiente direta ou indiretamente (é o chamado arrefecimento de conforto). Mas também pode ser utilizado para arrefecer a estrutura do edifício (o chamado arrefecimento estrutural). O arrefecimento evaporativo direto retira calor sensível do ar mas em contrapartida, umidifica-o.

A combinação do arrefecimento evaporativo com a ventilação transversal, a proteção

solar e ainda a inércia térmica, pode trazer às edificações situadas em climas secos e quentes, um extraordinário conforto interior. E também pode propiciar uma grande riqueza na ocupação dos espaços, onde se conjuga o interior e o exterior.

Aquecimento solar passivo consiste em aproveitar o calor recebido pela edificação e transmiti-lo ao exterior no período noturno (período frio), como mostra a Figura 57, onde essa perda pode gerar um fluxo de ar no sentido vertical (necessita ter aberturas no rufo e/ou telhado). É ideal para variações térmicas elevadas (calor durante o dia, frio durante a noite).

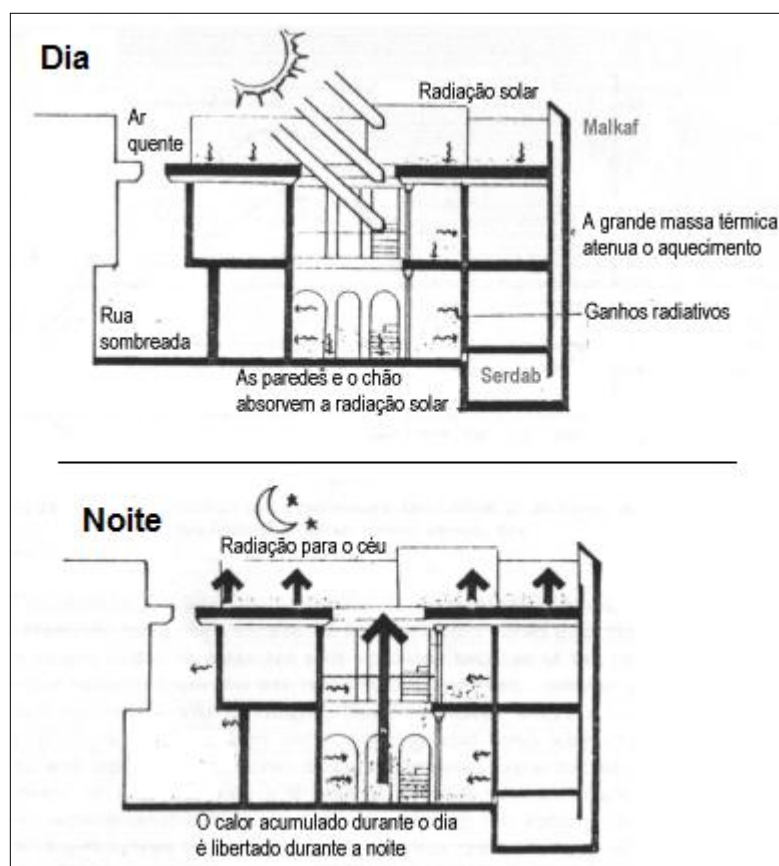


Figura 57: Aquecimento solar passivo
Fonte: SIMÕES, 2010.

No caso climas mistos, é necessário recorrer a todas elas buscando integrá-las de forma mista resultando na edificação o melhor conforto térmico possível. Uma possibilidade é utilizar sistemas sazonais de controle de insolação solar, como por exemplo, a utilização de árvores ou arbustos caducos nas fachadas envidraçadas, como mostra a Figura 58 e Figura 59, apresentando ganhos solares no inverno e evitando ganhos solares no verão.

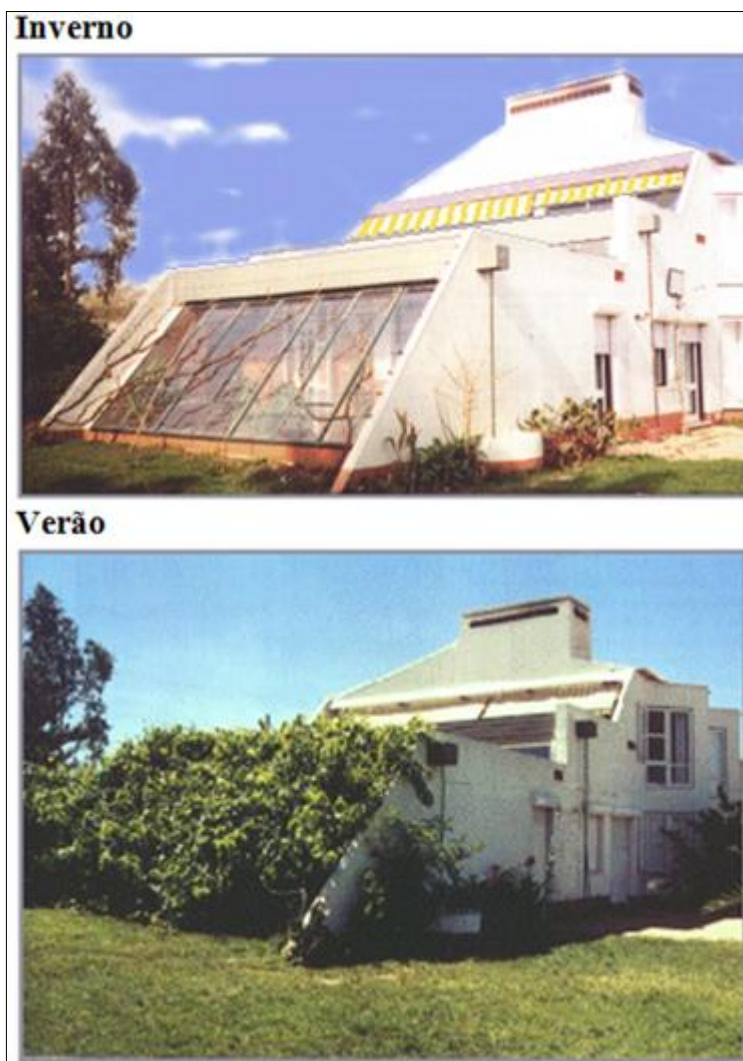


Figura 58: Sistema misto de proteção solar
 Fonte: SIMÕES, 2010.

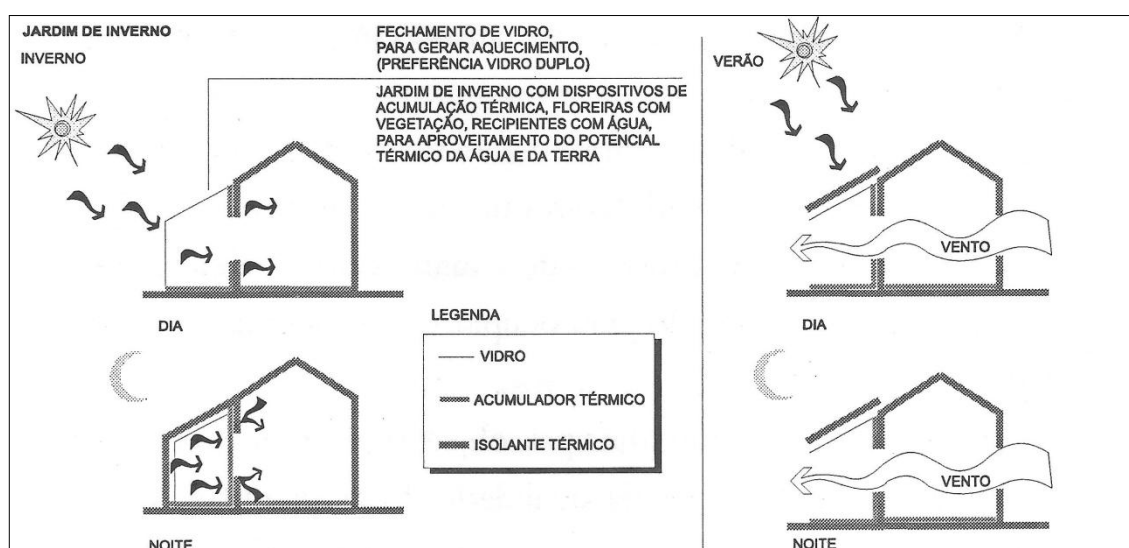


Figura 59: Princípio do sistema misto de proteção solar
 Fonte: HERTZ, 1998.

O vento é responsável por trazer ao ambiente interior, massas de ar exteriores que podem ser mais ou menos frias do que as que ali se encontram. Pode, também, acelerar o processo de troca térmica entre o ar e a superfície que é contactada com o seu movimento.

Promover ganhos solares ou captação solar para massa térmica (Figura 60) a quando as temperaturas exteriores são inferiores às temperaturas de conforto, é necessário captar energia solar a fim de criar carga térmica para poder dotar o ambiente interior de temperaturas dentro da zona de conforto. O ganho solar precisa ser combinado com as estratégias de conservação para que seja eficiente. É importante também analisar esse ganho na estação de arrefecimento, pois pode demandar sobre aquecimento no período de verão.

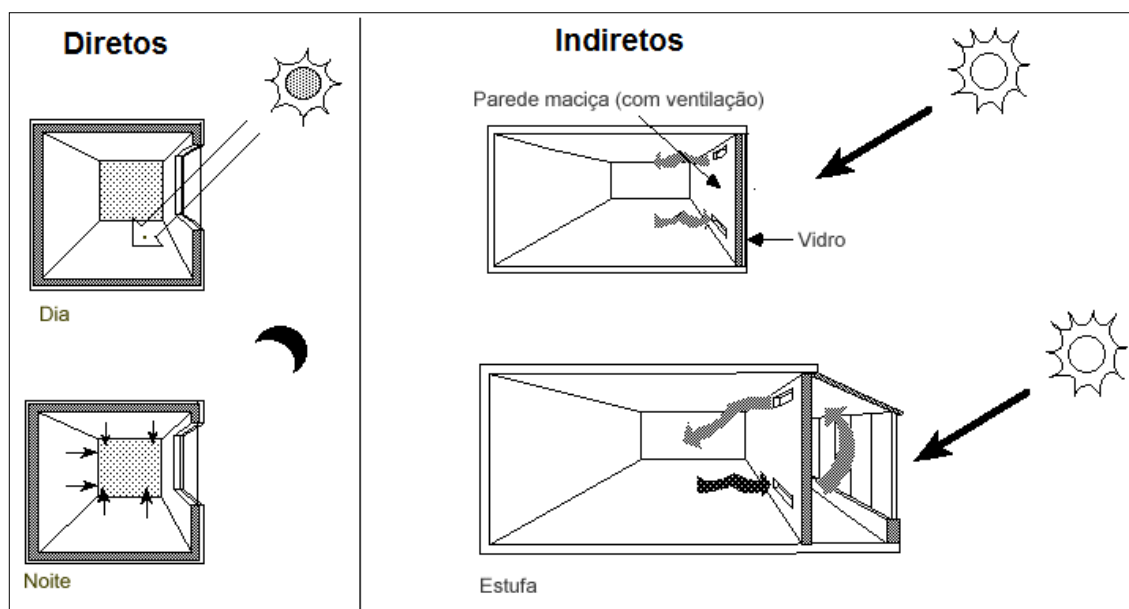


Figura 60: Ganhos solares
Fonte: SIMÕES, 2010.

O uso eficiente da inércia térmica de paredes, pavimentos e telhado, para amortecer a onda de calor diária ou sequencial (cerca de 10 dias) dependem não só da superfície de contato com o espaço interior, mas também da espessura da camada. O uso de materiais combinados com vegetação é uma alternativa eficiente e de baixo custo como apresenta a Figura 61 e Figura 62.

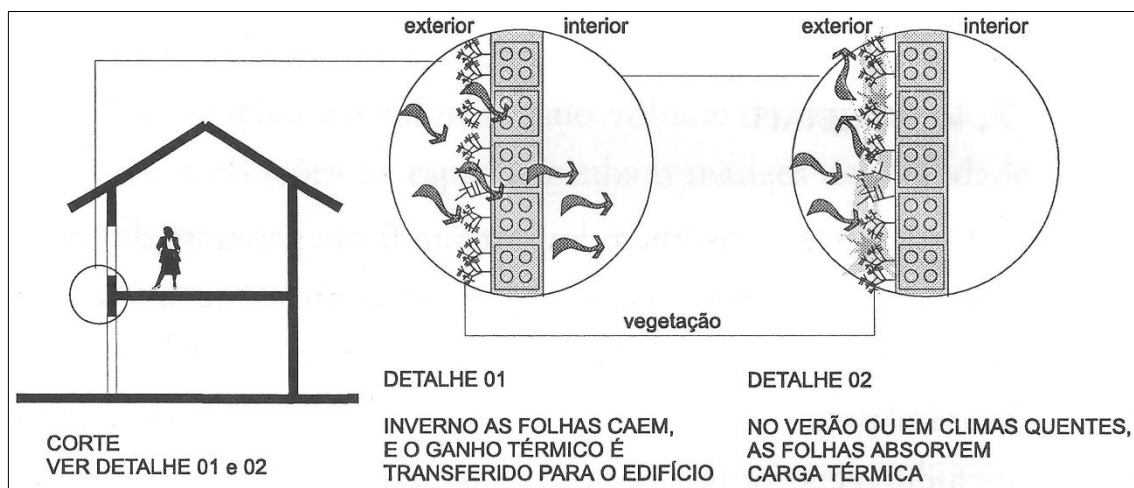


Figura 61: Forração vegetal nas paredes

Fonte: HERTZ, 1998.

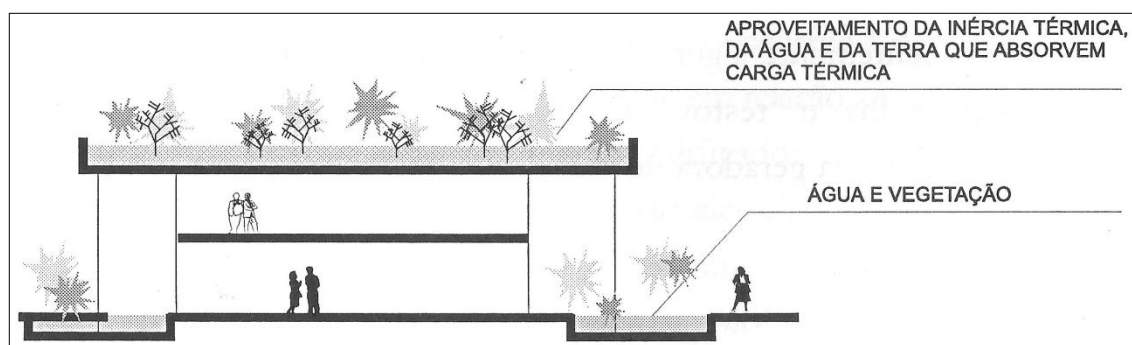


Figura 62: Forração vegetal nas coberturas

Fonte: HERTZ, 1998.

Esta forração vegetal seja da fachada ou do telhado, busca fornecer um aspecto mais orgânico a edificação, em paralelo contribui para a drenagem urbana e redução de ilhas de calor nos centros urbanos.

A temperatura do solo oscila de forma diferente em função da profundidade em que seja medida. Junto à superfície, a variação de temperatura do solo oscila em torno da média diária da temperatura do ar. À medida que essa profundidade aumenta, a amplitude térmica diária diminui e o período de integração da temperatura média passa a ser sequencial.

Aproximadamente 7.5 m de profundidade, a temperatura oscila anualmente apenas em 0.5°C. E a média, segundo alguns autores, estará 2 a 3°C acima da média da temperatura do ar. Maiores profundidades tendem a regime permanente onde a temperatura é constante ao longo do ano. Uma tecnologia que se utiliza do solo para resfriamento do ambiente é a ventilação geotermal, que consiste num sistema de serpentina (tubulações enterradas) junto ao sistema de ventilação forçada, impulsionando o ar pela serpentina, ocasionando a perda ou ganho calor, fazendo que o ar retorne ao ambiente interno com uma temperatura mais baixa

(climas quentes) ou mais alta (climas frios).

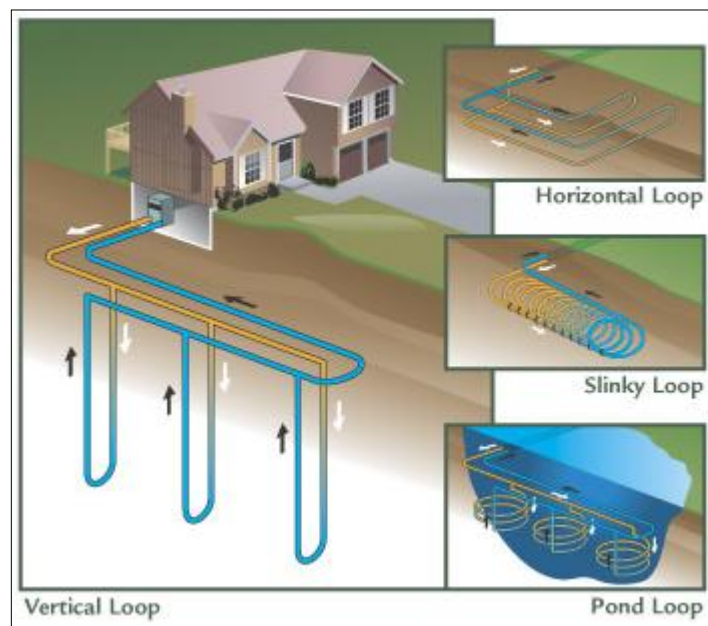


Figura 63: Ventilação geotermal
Fonte: WERTERN DRILLING, 2010.

O amortecimento da onda é acompanhado de um atraso térmico que ronda entre 05 a 10 dias por cada 0,30 m de profundidade. Isso representa que a 4,0 m de profundidade teremos, aproximadamente, 03 meses de atraso, ou seja, uma estação do ano. Uma medida que pode ser adotada, é locar uma das paredes junto ao terreno (solo) como apresenta a Figura 64, garantido um ambiente fresco e agradável.

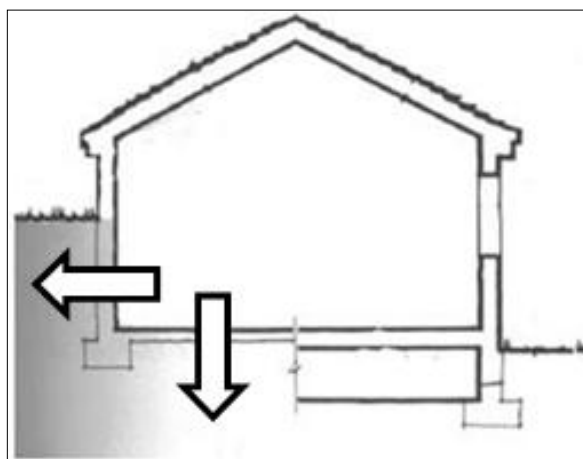


Figura 64: O solo como estratégia de inércia térmica para resfriamento
Fonte: LAMBERTS, 2005.

Para o controle excessivo de radiação, um dispositivo muito aplicado são os brises. Vários são os tipos de dispositivos de controle da radiação solar ou quebra-sóis como também são chamados. Além de proteger e direcionar a luz solar eles podem se tornar elementos arquitetônicos interessantes como mostrado na Figura 65. Podendo em muitos casos de quebra-sol horizontal aplicar vegetação em forma de canteiros, reduzindo a radiação direta e fornecendo aspecto ecológico para a edificação.

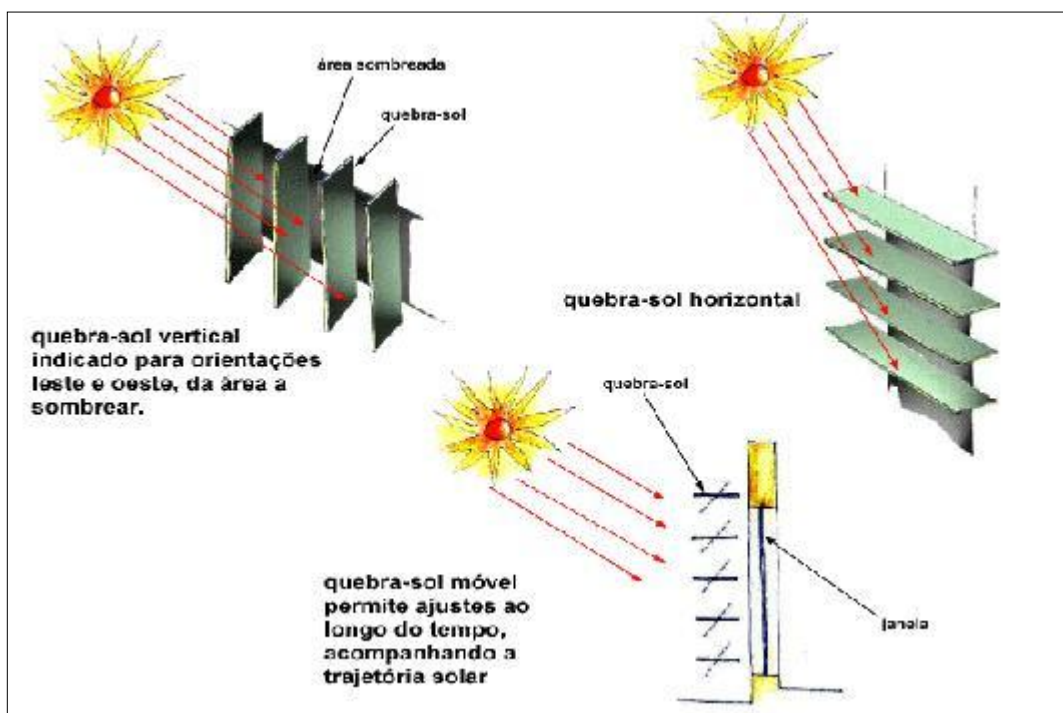


Figura 65: Dispositivo de controle de radiação (brises)

Fonte: ARQ-UFSC, 2010.

Segundo Gutierrez (2004), o brise-soleil é um elemento construtivo constituído por lâminas geralmente paralelas, externas à edificação, onde a principal função desses elementos é impedir a radiação solar direta na edificação. Possui também outras funções além da redução de ganhos de calor como o controle do excesso de luminosidade, o controle da ventilação e da visibilidade.

De acordo com Bittencourt (2004), os brises mistos são a combinação simultânea de brises horizontais com verticais sendo mais eficientes nas fachadas norte e sul do edifício. Lâminas verticais e horizontais atuam de forma complementar. Isso permite a utilização mínima de painéis para realizar o sombreamento o que resulta em vantagens nos custos, havendo também maior iluminação natural.

Quanto à mobilidade, o brise móvel possui lâminas pivotantes ou basculantes que

acompanham o movimento do Sol provocando sombras nos momentos adequados de acordo com as necessidades do edifício (GUTIERREZ, 2004).

O controle da temperatura é um fator determinante em uma edificação, A utilização de uma metodologia adequada na concepção de um projeto que visa a incidência solar de forma controlada é extremamente necessária, com ganhos na eficiência energética. A radiação solar controlada promove aquecimento ou resfriamento necessários e iluminação adequada dispensando o uso de dispositivos artificiais.

O conhecimento dos materiais isolantes e suas propriedades e da escolha dos dispositivos de proteção mais adequados em função das necessidades de conforto são aspectos primordiais a serem estudados e aplicados em uma edificação sustentável.

4.10.4 Acústica Residencial

Segundo Sharland (1979), isolamento, seja térmico, elétrico ou sonoro, significa prover uma barreira para um fluxo de energia que, neste caso, é a energia sonora. A forma mais óbvia de se obter isolamento é estabelecendo uma barreira sólida impermeável no caminho da propagação.

A acústica arquitetônica busca condições acústicas aceitáveis nas construções, sua principal finalidade é exatamente a construção de edifícios com isolamento acústico entre as diferentes salas, prioriza o isolamento do barulho, a fim de se obter conforto no ambiente, isolando-o. Em paralelo, o estudo da acústica de ambientes, busca o tratamento dos ambientes de modo a torná-las acusticamente satisfatórias.

A definição acústica de cada unidade do ambiente interno acaba se tornando a percepção auditiva de tudo que se venha a ser gerado ou reproduzido dentro deste, sempre pensando que cada ambiente possui sua dimensão privativa, individualizada de acordo com as características de quem vier vivenciá-lo em sua plena ocupação. Dessa forma, observa-se que as dimensões do ambiente, os materiais, aberturas, e acabamentos de todas as superfícies são fatores determinantes para o conforto acústico do local.

Segundo Nepomuceno (1968), o custo do tratamento acústico em planta, em fase de projeto, é de 0,5% a 2% do custo total. Mas o tratamento acústico posterior à construção de um prédio não é inferior a 10% do custo total para obtenção de resultados iguais ou inferiores ao tratamento realizado previamente à execução do projeto.

A ONU (Organização das Nações Unidas) prognosticou que no final do século XX, em muitos países em desenvolvimento, o ruído estaria entre as quatro maiores ameaças ao ambiente urbano. O ruído é algo que interfere na recepção dos sinais sonoros pelo ouvido humano, na maioria das vezes é considerado indesejável. Pesquisas realizadas por Bartholomei (2006), constataram que o ruído pode ocasionar graves efeitos sobre o homem como, por exemplo: Enjôos e sonolência; Dor de cabeça; Perda de concentração; Baixa produtividade; Absenteísmo; Insônia e estresse; Perda parcial ou total da audição; Consequências no sistema nervoso central; Consequências no sistema gastrintestinal; Consequências no sistema circulatório e coração.

O isolamento acústico ocorre quando se minimiza a transmissão de som de uma ambiente para o outro ou do exterior para dentro do ambiente e vice-versa. As fontes de ruídos podem ser aéreas ou estruturais.

O isolamento do ruído de impacto em pisos de edificações é de grande importância para o conforto acústico, principalmente em ambientes residenciais. Fontes de impacto como pessoas caminhando ou pulando, o choque de uma porta com a parede e a queda de um objeto no piso, causam vibração da estrutura, podendo gerar incômodo aos usuários dos ambientes adjacentes.

Segundo Brondani (1998), os materiais elásticos mais utilizados em pisos flutuantes são: espuma de polietileno; lã de vidro; borracha com baixa densidade; poliéster e poliestireno expandido elastizado (isopor). Além disso, estes materiais resilientes devem ter boa resistência mecânica (não endurecer), ter boa resistência química (não decompor-se, nem ter suas características alteradas pela umidade), ser incombustível e ser elástico, ou seja, ter baixa rigidez dinâmica (MÉNDEZ et al., 1995). A execução de uma edificação sustentável, na fase de projeto e detalhamento deve-se levantar medidas para mitigar ruídos, melhorando o isolamento termo-acústico e gerando bem estar aos usuários desta edificação.

O desgaste oriundo do desconforto seja ele térmico ou acústico pode desencadear estresse em pessoas mais sensíveis e até mesmo comprometer seu rendimento no trabalho ou no descanso residencial.

O incômodo provocado por ruídos em edifícios residenciais devido à queda de objetos no piso e pessoas caminhando nele pode ser atenuado com sistemas de pisos flutuantes. Ruídos oriundos de meios externos (transito, aviões, fábricas etc.) podem ser atenuados por janelas isolantes (dois ou três vidros), auxiliando também conforto térmico.

4.11 USO RACIONAL DE MATERIAIS

4.11.1 Análise do Produto

A análise de um produto em relação ao seu ciclo de vida global é fundamental na escolha de um produto, não se pode levar em consideração apenas uma fase de sua vida-útil, pois esta pode induzir a uma avaliação errônea do produto. É preciso analisar desde a sua fonte de matéria-prima, sua produção, distribuição, utilização e despejo. O estudo de um determinado produto no quesito sustentabilidade ambiental é fundamental para seu uso racional, ou seja, quando não se dispõe de tecnologia ou produto com certificado ambiental seu uso deve ser racionado.

Existem uma relação proporcional do uso de madeira na construção civil e o desmatamento, geralmente madeiras não possuem planos de corte e manejo sustentável de florestas, a busca por madeiras de reflorestamento é fundamental para reduzir a pressão sobre ecossistemas florestais. O uso de madeira de lei deve ser racionado frente a consequências de impactos ambientais, a busca por madeiras certificadas e com menos riscos de extinção ou com comprovadamente de áreas de replantio e reflorestamento podem ser a solução para o projeto.

O consumo dos materiais provenientes de distâncias muito grandes também deve ser utilizado de forma racional. O transporte de grandes quantidades de materiais muito pesados pode se mostrar uma prática muito ineficiente na conservação de energia se houverem outros materiais locais disponíveis e igualmente apropriados. O uso de materiais locais tem se tornado mais popular devido à ênfase que tem se dado à inserção regional dos edifícios.

Os Clorofluorcarbonos (CFCs), altamente combatidos devido à deterioração que provocam na camada de ozônio, são utilizados na produção de poliuretano rígido e espumas extrudadas de poliestireno, geralmente empregados como materiais isolantes. É preciso encontrar melhores alternativas para estes fins.

Os efeitos colaterais provocados principalmente por materiais de revestimento e acabamento tem se tornado ultimamente uma forte preocupação. O efeito cancerígeno do amianto, tanto para os que trabalham no processo de fabricação, quanto em sua utilização, tem levado à proibições e substituições, evitar caixas d'água e telhas deste material é fundamental para prevenir doenças futuras.

Evitar o uso de tintas com presença de metais pesados (chumbo), com compostos orgânicos voláteis e reduzir ao máximo uso de solventes. Outros produtos utilizados na construção civil tem sido muito criticados por trazer riscos a saúde, é o caso dos formaldeídos, epóxis e resinas acrílicas, e fungicidas. Isto se deve tanto poluição que causam durante a sua fabricação, como ao fato de causarem alergias, febres e problemas de pele.

4.11.2 Critérios Ecológicos dos Materiais

Segundo Pearson (1989), os materiais de construção, após haverem passado pelos requisitos técnicos e legais, devem também atender alguns quesitos quanto a aspectos ecológicos e de salubridade. Ele assim enumera os critérios ecológicos. Os materiais devem ser:

- Renováveis e abundantes, provindos de diversas fontes naturais e cuja produção cause pouco impacto ao meio-ambiente;
- Não-poluente, de modo que não emitam vapores, partículas ou toxinas nocivas ao meio-ambiente, seja no uso ou na fabricação;
- Energeticamente eficientes, utilizando pouca energia em sua produção, transporte e utilização (devem provir de regiões próximas); adicionalmente devem ser bons isolantes de forma a prevenir perdas/ganhos energéticos (calor) indesejados;
- Duráveis, com longa vida-útil, fáceis de repor e de fácil manutenção, testados por diversas gerações;
- Produzidos a preços e condições de trabalho justos;
- Pouco geradores de resíduos, capazes de serem reciclados, de modo a economizar a grande quantidade de energia necessária para produzir os materiais a partir da matéria-prima.

E ainda conclui que o aço, quando reciclado, economiza até 70% da energia utilizada para produzir o aço, a partir de fontes primárias.

4.12 USO DE PRODUTOS E TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE AMIGÁVEIS

4.12.1 Ecoprodutos e Materiais Naturais

Produto ecológico é todo artigo que, artesanal, manufaturado ou industrializado, de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola e industrial, seja não-poluente, não-tóxico, notadamente benéfico ao meio ambiente e à saúde, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável (ARAÚJO, 2010).

No Brasil, existem dois segmentos que contam com rotulagem ambiental ou selos verdes, o da agricultura orgânica, apresentado na Figura 66 certificado pelo IBD (Instituto Biodinâmico) e o madeireiro, fornecido pelo Conselho de Manejo Florestal (FSC – Forest Stewardship Council), que certifica florestas plantadas com plano de manejo sustentável apresentado na Figura 67.



Figura 66: Selo do Instituto Biodinâmico
Fonte: IBD, 2010.



Figura 67: Conselho de Manejo Florestal
Fonte: FSC, 2010.

Para Maimon (2000), os ecoprodutos, produtos verdes, produtos “environment friendly”, sinalizam e refletem um novo paradigma de consumo, contrário à mentalidade de uso e descarte de produtos e, em, particular de produtos descartáveis. Maimon desenvolveu um Guia do Consumidor Verde, apresentado a seguir:

“Qualidade do produto transcende as características intrínsecas, incorporando o impacto ambiental na produção e/ou consumo, e prefere e/ou paga preço mais elevado por produtos ecológicos”

CARACTERÍSTICA DA EMBALAGEM

- Não adquire produtos com empacotamento excessivo;
- Prefere os produtos com embalagem reciclável e/ou retornável;
- Evita comprar produtos com embalagem não-biodegradável;
- Não carrega compras em embalagem de plástico.

CARACTERÍSTICA DO PRODUTO

- Escolhe produtos isentos de alvejantes ou corantes;
- Observa a biodegradabilidade do produto;
- Recusa os produtos derivados de flora e fauna em extinção;
- Observa os certificados de gestão;
- Observa os selos verdes.

4.12.2 Tintas Ecológicas

São tintas formuladas com matérias-primas naturais, sem componentes sintéticos ou insumos derivados de petróleo. Existem normas internacionais para pinturas ecológicas que determinam, por exemplo, que a quantidade de compostos orgânicos voláteis (COVs), que são substâncias derivadas do petróleo, não exceda 0,1% do volume total. As tintas podem ser minerais, vegetais e com insumos animais (como a caseína, que é um ligante extraído do leite da vaca).

As tintas minerais compreendem pinturas feitas a partir de rochas minerais naturais finamente moídas (micronizadas) e transformadas por calcinação (queima). Existem dois tipos delas: à base de silicato de potássio e à base de cal. Sua aderência à parede ocorre pelo processo de cimentação e pela formação de cristais em contato com a superfície aplicada (não

plastificantes). Depois de seca, permite a respiração da parede (difusão do vapor de água), ajudando no controle da umidade relativa do ar em ambientes internos.

Eco-Stain Impregnante é um produto natural atóxico e sem cheiro, feito à base de óleos e resinas vegetais, desenvolvido para oferecer proteção à madeira contra a ação dos raios solares e umidade, bem como para garantir beleza ao material tratado. É recomendado para madeira e madeiramento em áreas externas, sujeitas à ação climática. O Ecoverniz é um produto feito à base de óleos e resinas vegetais, atóxico e sem cheiro, desenvolvido para oferecer proteção a peças de madeira, móveis, peças utilitárias e objetos de artes, decoração, artesanato e design, pratos, fruteiras, dentre outros.

Laca Natural é um produto composto de resinas naturais solúveis em álcool (também de origem vegetal), desenvolvido para oferecer proteção à madeira e metais contra a ação dos raios solares e umidade, bem como para conferir beleza ao material.

4.12.3 Materiais Reciclados

Atualmente usinas de beneficiamento de materiais provenientes de entulhos de construção estão processando blocos de concreto de agregado reciclado sem função estrutural, utilizando resíduos classificados internamente como resíduos de CLASSE A, oriundos de concreto ou derivados apresentados na Figura 68 e também processando subprodutos de CLASSE B, oriundos de alvenaria, argamassa, cerâmica e outros, para serem utilizados como base e sub-base para pavimentações, enchimentos, confecção de meio fio, entre outros.



Figura 68: Blocos de concreto feitos com agregado reciclado
Fonte: NETO, 2007.

O equipamento utilizado para triturar os resíduos (britador primário) é um britador de impacto com regulagem de composição granulométrica do produto obtido (Figura 69).



Figura 69: Britador primário para reciclar agregados

Fonte: NETO, 2007.

As telhas recicladas também começam a conquistar espaço no mercado, pelo seu preço reduzido em função da disponibilidade de matéria prima e flexível, pois apresenta menor risco de quebra. A Figura 70 apresenta telha reciclada proveniente de caixas de leite e a Figura 71 apresenta telha proveniente de embalagem de creme dental.



Figura 70: Telha reciclada de caixas de leite

Fonte: ECOLEO, 2010.



Figura 71: Telha reciclada de embalagens de creme dental
Fonte: ECOLEO, 2010.

As telhas de PET podem ainda ser encontradas em diferentes cores, como azul, amarela e vermelha. A marrom-cerâmica reproduz fielmente o tom das peças de barro. E a durabilidade do produto pode ser até cinco vezes maior (Figura 72).



Figura 72: Telha reciclada de embalagens de refrigerante
Fonte: ECOLEO, 2010.

O tijolo ecológico modular (solo-cimento) é fabricado em prensa manual (Figura 73) ou hidráulica, sofrendo pressão equivalente a seis toneladas, que tornam sua forma regular, com faces lisas, permitindo um encaixe perfeito, facilitando o cálculo de unidades a ser empregada em cada parede e em toda a obra, sem haver necessidade de corte do tijolo.



Figura 73: Prensa para confecção de tijolos na obra
 Fonte: VIMAQPRENSAS, 2010.

Devido suas faces lisas e seu duplo encaixe (Figura 74), as paredes mantêm um perfeito nivelamento e belo acabamento, oferecendo beleza estética à construção. Sua arquitetura dispensa a utilização de pregos, arames, madeiras. Compõe um sistema de embutir a rede hidráulica, elétrica e outras. Funciona com um sistema térmico e acústico, permitindo que o ar dentro dos furos esteja sujeito a fenômenos convectivos, diferenciando dos usuais onde o volume de ar fica isolado. O processo convectivo auxilia o controle da umidade nas paredes.



Figura 74: Tijolo modular solo-cimento duplo encaixe
 Fonte: MODULAR, 2010.

Os encaixes foram desenvolvidos para ampliar a resistência da estrutura, além de facilitar a sua colocação e diminuir drasticamente o tempo de conclusão da obra como mostra a Figura 75. Devido suas faces lisas e belas, não há necessidade de reboco e permite assentamento de azulejos e outros acabamentos, quando desejado.



Figura 75: Método executivo do tijolo modular solo-cimento duplo encaixe
Fonte: ENRICORIO, 2010.

5 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO GUIA AMBIENTAL

5.1 DESCRIÇÃO DA OBRA

A Casa Ecoeficiente desenvolvida pela Federação das Indústrias do Estado da Paraíba – FIEP, através do SENAI-PB, buscou aspectos construtivos ecoeficientes em sua concepção. O CEFET-PB elaborou os projetos arquitetônicos e hidro-sanitário, e participou ativamente em todas as etapas para definição dos sistemas construtivos e materiais a serem utilizados na execução da obra.

A Casa é projetada para servir de local ao Laboratório de Energias Renováveis, e foi inaugurada no dia 28 de abril de 2006, localiza-se no Centro de Inovação e Tecnologia Industrial do SENAI, na cidade de Campina Grande-PB. A foto da Casa Ecoeficiente pode ser vista na Figura 76.

Suas dependências assemelham-se às de uma residência unifamiliar e visa se transformar em um ambiente tecnológico e didático, funcionando como um espaço de visitação, cursos, desenvolvimento de pesquisas e inovações, abrangendo tecnologias de materiais alternativos na construção civil, gestão eficiente de águas e aplicações da energia solar fotovoltaica, solar térmica e eólica.



Figura 76: Casa Ecoeficiente com 350 metros quadrados
Fonte: CONNEPI, 2006.

O clima local se caracteriza por apresentar um clima BSH - clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude (Köppen), com temperatura anual média máxima de

32,9°C e mínima de 20,8°C e umidade relativa de 61% (BRASIL, 1992).

Por situar-se no agreste paraibano, entre o litoral e o sertão, possui um clima menos árido do que o predominante no interior do estado (clima tropical semi-árido). Além disso, a altitude de 552 metros acima do nível do mar garante temperaturas mais amenas durante todo o ano.

5.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS ADOTADOS

Segundo Ribeiro Filho et al. (2006), durante o processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico e execução da obra, adotou-se princípios norteadores do IDHEA - Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica desenvolvidos por Márcio Augusto Araújo em 2004. Onde estes princípios são citados a seguir:

- a) Gestão da obra: eficiência dos processos construtivos buscando a racionalização e redução de resíduos na obra;
- b) Uso de ecoprodutos e tecnologias sustentáveis;
- c) Aproveitamento passivo dos recursos naturais: iluminação e ventilação natural;
- d) Eficiência energética: racionalização no uso de energia pública fornecida, uso de energias renováveis eólica e solar;
- e) Gestão e economia da água: reuso e recirculação da água utilizada, aproveitamento de água de chuva;
- f) Gestão dos resíduos gerados pelos usuários: coleta seletiva do lixo.

No tocante ao aproveitamento passivo dos recursos naturais a obra apresenta, conforto térmico da unidade com o aproveitamento dos ventos dominantes (alísios de SE) e a minimização da insolação nos ambientes. Utilizou ventilação cruzada como elemento amenizador do clima e renovador do ar nos ambientes, a varanda presente nas fachadas leste e norte.

A obra também obedeceu à arquitetura local (colonial praticada no Nordeste) onde se configura como um grande beiral para proteção solar do auditório e dos laboratórios.

Os ambientes foram setorizados por funções e orientados de maneira que os ambientes de longa permanência fossem dispostos nas fachadas de menor insolação (Norte, Sul e Leste). Fez-se o uso de iluminação natural, por aberturas, esquadrias e elementos vazados, presentes em todas as fachadas.

Nas vedações foram utilizados quatro tipos de sistemas construtivos: paredes de tijolos em solo-cimento e paredes monolíticas de solo-cimento, polipainéis (EPS, tela de aço e micro concreto) e alvenaria de bloco cerâmico vermelho vazado. Os tijolos de solo-cimento foram confeccionados no canteiro de obra, com produção média de 1200 tijolos/dia, enquanto os polipainéis foram fabricados em indústria específica e trazidos para obra nos tamanhos pré-determinados no projeto arquitetônico.

Para o conforto termo-acústico, foram executados painéis modulares formados por duas telas de aço soldadas e interligados por um quadro de cantoneiras. O preenchimento desses painéis, composto por uma placa de isopor (EPS) revestida por duas camadas de micro-concreto, foi confeccionada uma parede experimental formada por placas em aglomerados de resíduos (papel e plástico) moídos e prensados para substituição do isopor, visando o uso racional dos materiais e redução dos resíduos sólidos.

Nas áreas externas foi utilizado o piso cimentado com detalhes de placas e retraços de granito, oriundos dos rejeitos da indústria. A pavimentação externa foi executada com ecoprodutos como o ecobloco (bloco produzido do entulho de construção). Nas áreas molhadas se fez uso de revestimento cerâmico convencional.

Em sua cobertura (telhado) utilizou-se estrutura em madeira convencional e telha ondulada oriunda de fibras vegetais, impregnada de betume sob pressão e calor intenso, não possuindo componentes que possam agredir o meio ambiente. Durante a elaboração do projeto da coberta, houve o planejamento no sentido da utilização de todas as telhas que viessem a ser cortadas.

Foram aplicadas as seguintes tecnologias para o uso racional da água:

a) Reúso de águas: utilização dos efluentes tratados de lavatórios, pias e tanques para as descargas de vasos sanitários e mictórios, jardinagem e lavagem das áreas de passeio externas.

b) Uso da água de chuva: captação de água das precipitações pluviais de toda cobertura da casa com superfície de coleta de 310,66 m² e armazenamento em cisternas de placas com capacidade para 80 m³, projetada em função do índice pluviométrico de Campina Grande. Essa água poderá ser usada em qualquer destinação, exceto para beber (ainda não construída).

c) Captação de água subterrânea: extração de água do lençol freático por meio de bomba alternativa impulsionada com energia eólica. O poço foi perfurado até uma profundidade de cerca de 70 m, atravessando a rocha cristalina, e obteve-se uma vazão média

de 1200 l/h de água com características salobras.

d) Dessalinização da água: A água do poço é tratada com dessalinizador e tem como destinação o consumo humano para beber e cozinhar.

e) Tratamento de água em mini-estação: as águas cinzas antes de utilizadas passam por um tratamento simples que consiste da filtragem em uma mini-estação construída em alvenaria. A filtragem é realizada em meio poroso com camadas de brita e areia. Após o tratamento essas águas são bombeadas até o reservatório para águas de reúso.

f) O sistema de armazenamento de água é composto de três reservatórios em PVC cada um capacidade para armazenar 500 litros. Sendo um para armazenar a água de reúso e de chuva, um para a água da rede de abastecimento e outro para a água dessalinizada que servirá para beber. Todos elevados em estrutura de madeira com 4 m de altura.

A energia elétrica para alimentar a Casa Ecoeficiente será fornecida por um sistema híbrido de geração de energia, com a seguinte configuração:

- Um arranjo fotovoltaico (20 painéis) com potência total de 1000Wp com tensão de 24Vdc;
- Um Gerador eólico de 1000Wp;
- Dois inversores de 1000Wp/24Vdc, cada um, sendo um senoidal e o outro não senoidal;
- Três controladores de carga de 50A/24volts, cada um;
- Conjunto de 20 baterias, 220 Ah, 12 v, cada uma.

5.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO

A aplicação do guia em uma residência ecoeficiente, foi fundamental para analisar a e garantir que o mesmo se apresente de forma completa e eficiente.

O Laboratório de Energias Renováveis apresenta aspectos ecoeficientes fundamentais, onde busca a interação saudável entre homem, meio-ambiente e habitação. As técnicas utilizadas foram satisfatórias, porém na pavimentação externa poderiam ter sido utilizadas técnicas de drenagem sustentável. Apesar de possuir captação de água da chuva com sistema de reservação a drenagem por pavimentos porosos é uma alternativa que pode ser aplicada com sucesso em regiões urbanizadas que apresentam áreas impermeáveis consideráveis, porém não foi utilizada devido às características do clima ser tropical semi-

árido.

A utilização de coberturas vegetais (terraços verdes) poderia ter sido aplicada para reduzir o ganho de calor da edificação, amenizando a temperatura interna, melhorando o conforto térmico interior e economia de energia.

O sistema de coleta de águas pluviais é direto, sem válvula de controle de descarga, possibilitando uma perda de qualidade da água pluvial coleta. O sistema de válvulas elimina a quantidade de poluentes e poeiras presentes no telhado e atmosfera nos minutos iniciais de chuva através do descarte inicial da chuva.

Por se tratar de um clima tropical semi-árido a técnica de ventilação geotermal seria uma medida bem aplicada, onde utilizaria refrigeração natural para amenizar a temperatura do ambiente interno. Foi utilizada a técnica de ventilação cruzada, uma estratégia citada por Lamberts et al., (2005) onde corresponde ao resfriamento natural do ambiente construído através da substituição do ar interno (mais quente) pelo externo (mais frio).

Pela disponibilidade de área poderia ter sido aplicada técnicas de tratamento de efluentes domésticos por zonas de raízes (wetland), internalizando o problema de efluentes domésticos e maximizando a ecoeficiência da obra.

O sucesso das fontes alternativas de energia da Casa Ecoeficiente deve-se ao fato da região ser favorecida por maior incidência de radiação solar, entre 5900 a 6100 Wh/m².dia e uma velocidade dos ventos entre 6,0 a 7,0 m/s (23,4 Km/h).

O princípio de construção da casa ecológica construída em Campina Grande-PB segue os itens do guia ambiental, algumas técnicas são mais bem aplicadas e detalhadas no que diz respeito a fontes alternativas de energia.

Concluindo-se também que o modelo de habitações ecoeficientes desenvolvido pelo IDHEA é aplicável com êxito e possui os mesmos princípios que sistema Norte Americano LEED.

6 CONCLUSÕES

O conhecimento de práticas sustentáveis e a disseminação de informações relacionadas à minimização de impactos ambientais podem melhorar a qualidade do ambiente construído. Todos os agentes envolvidos no processo de construção devem se conscientizar e buscar uma integração entre eles para que os princípios da sustentabilidade façam parte dos empreendimentos.

Na fase do planejamento sustentável da obra a concepção do projeto deve ser efetuada com maior atenção, pois é no início que devem ser estabelecidos os objetivos e processos necessários para atingir os resultados em concordância com a política ambiental da obra. Esta fase é seguida da execução que visa programar processos, que serão verificados e monitorados para a conformidade com a política ambiental, melhorando assim o desempenho da gestão ambiental e o processo construtivo.

Percebe-se que fase de planejamento e o controle são de vital importância no processo de busca pela ecoeficiência, assegurando que as questões ambientais sejam contempladas já nos primeiros passos do planejamento da obra, assegurando as relações harmônicas entre o meio ambiente, habitação e o ser humano, dando maior ênfase ao aspecto sócio-ambiental e adotando novas tecnologias.

Buscar construir a residência de acordo com o ambiente exterior é fundamental para o aproveitamento máximo dos recursos naturais que o meio ambiente externo oferece como a orientação, ventilação e iluminação natural, gerando ganhos na qualidade do ar interior e redução do uso de equipamentos de refrigeração, aquecedores e iluminação. As fontes alternativas de energia (solar e eólica) são interessantes em locais onde a incidência solar e dos ventos é mais intensificada, conseguindo assim obter a autonomia de energia.

A gestão da água na habitação com a utilização de tecnologias para redução do consumo reduz em até 50% o uso indevido da água, e quando auxiliado por sistemas de captação de água da chuva geram benefícios na drenagem urbana, reduzindo os riscos de enchentes e inundações. Alternativas para o tratamento de efluentes domésticos por sistema de zonas de raízes pode ser uma alternativa ecoeficiente em áreas agroindustriais, mas apresenta como desvantagem a disponibilidade de área.

O controle do desperdício através de qualificação da mão-de-obra é fundamental para produzir residências mais enxutas e controlando o desperdício de material, refletindo

diretamente na gestão dos resíduos sólidos da construção civil, pois uma obra bem executada que se preocupa em buscar tecnologias mais limpas para o processo executivo, reduz o tempo de mão-de-obra e não realiza a tarefa de correção do problema, que geralmente é originada por falta de controle. A correção de tarefas geralmente é seguida pela demolição da parte mal executada, gerando resíduos sólidos e perda de material que são refletidos em perdas financeiras.

Buscar reduzir o emprego excessivo de materiais, reaproveitar ao máximo as matérias primas (areia, brita, tijolos e madeira) e reciclar quando possível os materiais, é a filosofia que uma residência sustentável deve adotar para atingir a ecoeficiência.

Os materiais para acabamentos como tintas, carpetes e colas na maioria das vezes são tóxicas e apresentam compostos orgânicos voláteis, que apresentam risco a saúde humana e do ambiente interior, existem no mercado tintas ecológicas a base de água e minerais que podem minimizar e evitar a emissão destes compostos.

Ao analisar os aspectos construtivos ecoeficientes, é fácil observar a existência das relações diretas e indiretas entre todos os nove itens dos critérios de projeto, como por exemplo, uma tomada de decisão na parte de orientação da obra pode auxiliar a eficiência energética, conforto térmico e qualidade do ar interior.

Para definir e descrever critérios de projeto para atingir a ecoeficiência as metodologias adaptadas a realidade brasileira apresentam-se satisfatórias mesmo o Brasil não possuindo critérios de base considerável.

A elaboração do guia ambiental para construção de residências sustentáveis é uma ferramenta de trabalho que pode auxiliar os projetistas no desenvolvimento de edificações de menor impacto ambiental e incentivar os construtores e futuros usuários no cumprimento das metas sustentáveis estabelecidas no planejamento e projeto.

Para completar o guia ambiental para construção de residências sustentáveis de forma eficiente, seria interessante descrever métodos executivos, ou seja, detalhar as atividades construtivas apresentando um quadro de “como se faz” determinado serviço com o máximo aproveitamento do material evitando-se desperdícios.

Neste trabalho foi realizado um estudo de caso, onde a aplicação do guia ambiental foi satisfatória, obedecendo a critérios ecoeficientes aplicados na Casa Ecoeficiente de Campina Grande – PB, pois a obra e o guia ambiental estão calçados no modelo de certificação Norte Americano LEED e em alguns pontos o guia ultrapassa o horizonte de projeto da referente

obra. Estudos ainda estão sendo realizados para desenvolver um modelo de construção sustentável adaptado as condições brasileiras e recomenda-se que novas pesquisas em métodos executivos e produtos ecoeficientes sejam realizadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação Predial de Água Fria - NBR 5626**. 1998.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3 - **Desempenho térmico de edificações** – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: **Gestão Ambiental** - Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro. 2001. 10 p.
- ADAM, Roberto Sabatella. Princípios do ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício. São Paulo: Aquariana, 2001. 128p.
- ADEMADAN - ASSOCIAÇÃO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE E DO DESENVOLVIMENTO DE ANTONINA. **Tratamento de Efluentes por Zona de Raízes** Disponível em: <www.ademadan.org.br>. Acesso em: 17 jun 2010.
- AGUILAR, H. M.C.; PINHO, J.T.; GALHARDO, M.A.B.; SANTOS, F.A.V. **Utilização de Sistemas de Energia Solar Ativa e Passiva na Edificação**. I Congresso Brasileiro de Energia Solar. Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Pará, 2007.
- AMORIM, C.N.D. **Iluminação Natural e Eficiência Energética** – Parte I. Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável. Brasília. Disponível em: http://www.unb.br/fau/posgraduação/cadernos_eletronicos/edicao2002.htm. Acesso em: 10 dez 2009.
- ANDRADE, S. F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. 1996. 143 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.
- ANGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. In: 4º SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2001, Anais. São Paulo: IBRACON, p. 43 – 56.
- ARAÚJO, Márcio. **A moderna construção sustentável**. Disponível em:<<http://idhea.com.br>>. Acesso em: 15 out. 2009.
- ARAÚJO, Márcio. **Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável**. Disponível em: <http://idhea.com.br>. Acesso em: 17 abr.2010.

- BARBIERI, C. José. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. Ed. Saraiva. São Paulo, 2004. 328 p.
- BAUMANN, H.; TILLMAN, A. **The Hitch Hiker's Guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application**. Lund: Studentlitteratur. 2004. 543p.
- BERNARDES, M. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento da produção para empresas de construção de micro e pequeno porte**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2001.
- BITTENCOURT, L.S. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. 4. ed. rev. ampl. Maceió: EDUFAL, 2004. 109p.
- BOURGUIGNON, K. M. B G.; SILVA, M. G.; LORDÊLLO, F. S. S.; ZANDONADE, E. **Influência da resistência na profundidade de carbonatação de concretos com diferentes teores de escória de alto-forno**. In: X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18-21 JULHO 2004, Anais em CD. São Paulo, ENTAC 04.
- BRASIL. Lei n. 307, de 05 de julho de 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas Climatológicas: 1961-1990**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1992. 84 p.
- BRONDANI, S.A. **Pisos flutuantes: análise da performance acústica para ruídos de impacto**. 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.
- BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Conforto II: Iluminação Natural e Artificial**. Presidente Prudente: FCT – UNESP, 2º semestre de 2005. Notas de aula.
- CANHOLI, P. Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 304p.
- CARDOSO, Francisco F. Importância dos estudos de preparação e da logística na organização dos sistemas de produção de edifícios. Alguns aprendizados a partir da experiência francesa. In : I SEMINÁRIO INTERNACIONAL LEAN CONSTRUCTION – A CONSTRUÇÃO SEM PERDAS. IDORT, São Paulo, 12 novembro 1996, 24 p.
- CARNEIRO, Alex Pires; CASSA, José Clodoaldo Silva; BRUM, Irineu Antônio Schadach. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: Projeto Entulho Bom**. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.
- CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e Ações da Atual Situação dos Resíduos de Construção e Demolição na Cidade do Recife**. João Pessoa, 2005. 131 f. Tese (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/pos_engurbana/arquivos/dissertacoes/05-2003.pdf> Acesso em: 20 out 2009.

- CARVALHO, C. L. S. **Inovações Tecnológicas, Reciclagem e Redução de Custos na Indústria da Construção Civil**. Araraquara, 2003. Projeto de Iniciação Científica – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Disponível em: <http://geein.fclar.unesp.br/producao2/projetos/arquivos/140705FAPESP Clara.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2009.
- CASAGRANDE FR. E.F.; AGUDELO, L.P.P. **Construção & Sustentabilidade** – Estudo de Caso em Curitiba. Instituto de Desenvolvimento para a Habitação Ecológica – IDHEA. São Paulo. Artigos e entrevistas. Disponível em: http://www.idhea.com.br/artigos_entrevistas.asp. Acesso em: 19 abril 2010.
- CASTILHOS, A. B. Junior, et al. **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES/Rima, 2003. 294p.
- CBEE - CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA - UFPE. 2000. Disponível em: <www.eolica.com.br>. Acesso em: 10 nov 2009.
- CEBALLOS, B.S.O. et al. **Desempenho de um leito cultivado na melhoria da qualidade de um córrego poluído destinado a irrigação**. In: Anais CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. **Anais...**Porto Alegre, ABES, 2000.
- CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Reciclagem do entulho para produção de materiais de construção**. Salvador: Ed. da UFBA, 2001.
- CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, CNI. 1997. 120p.
- CIRIA - CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION. **Waste Minimization and Recycling in Construction: Design Manual**. Special Publication. São Paulo, 1999. 134 p.
- CNTL - CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS. A produção mais limpa como um fator do desenvolvimento sustentável. Disponível em: <<http://www.holographic.com.br/~prj/cntl/sobre-4suten.htm>>. Acesso em: 10 maio 2010.
- COBRACON - COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2005). Disponível em: <<http://www.cobracon.org.br>>. Acesso em: 16 maio 2010.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n.º 237, de 19 de dezembro de 1997, publicada no DOU em 22 de dezembro de 1997**.
- COSTA, L. de L. et al. **Eficiência de Wetlands: construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colídeos e bacteriófagos**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 3, n. 1. 2003.
- COSTA, N. A. A.. **A Reciclagem do Resíduo de Construção e Demolição: Uma Aplicação da Análise Multivariada**. Florianópolis, 2003. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia de

Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/1783.pdf>> Acesso em: 20 out 2009.

DEGANI, M. Clarice; CARDOSO, F. Francisco. **A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios:** a importância da etapa de projeto arquitetônico. In: NATAU 2002 – Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, 7 a 11 outubro 2002.

DEL PORTO, D. e STEINFELD, C. **Composting Toilet System Book:** A Practical Guide Pollution to Choosing, Planning, and Maintaining Composting Toilet Systems. Center of Ecological Prevention. Concord. 2000.

DONAIRE, Denis. **Gestão ambiental na empresa.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

DUQUE, G. A. Francisco. **Ecological Sanitation and Urban Agriculture.** In: Urban Agriculture Magazine, no. 8, Wastewater Use in Urban Agriculture, 2002, p. 39. Disponível em: <<http://www.ruaf.org/no8/39-ecos.html>>. Acesso em: 15 agosto 2009.

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY.; RIEMER, Jan & KRISTOFFERSEN.; MERETE. **Information on Waste Management Practices, a Proposed Electronic Framework,** Report No. 24, July 1999.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Indoor Air Facts nº 4 – Sick Building Syndrome.** Disponível em: <<http://www.epa.gov/iaq/pubs>>. Acesso em: 18 dez 2009.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Building Syndrome.** Disponível em: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1991. Acesso em: 17 abr 2010.

EUROPEAN COMMISSION. Directorate General XII for Science, Research and Development. **Environmental impact of buildings:** application of the life cycle analysis to buildings. Paris: Center for Energy Studies, 1997. 145 p. Disponível em: <www.cenerg.ensmp.fr/francais/themes/cycle/html/11.html>. Acesso em: 02 maio 2010.

FAHY, Frank. **Foundations of Engineering Acoustics.** London. UK: Elsevier, 2001. 443p.

FAUSTO. Simões. **Introdução a arquitetura bioclimática.** Disponível em: <<http://arquitecologia.org/Descs/CliFautl0.htm>>. Acesso em: 10 maio de 2010.

FERNANDES, A. M. C. P.; **Insolação de Edifícios e o Projeto de suas Proteções solares:** Departamento de Artes e Arquitetura; Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2002.

FRAGA, Marcel Faria. **Construção Civil em Belo Horizonte:** medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras. 2006, 75p. Dissertação (Pós-graduação). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2006.

FRANKL, P; RUBIK, F. **Life Cycle Assessment in Industry and Business:** adoption of patterns, applications and implications. Berlin: Springer-Verlag, 1999. 280p.

- FREZATTI, Fábio. **Orçamento Empresarial: Planejamento e Controle Gerencial**. São Paulo: Atlas, 1999.
- GONÇALVES, J. C. S., VIANNA, N. S. **Iluminação e arquitetura**. Geros s/c Ltda. São Paulo, SP, 2001.
- GONÇALVES, P. A reciclagem integradora dos aspectos ambientais sociais e econômicos. Rio de Janeiro: DP&A - FASE, 2003.
- GONZALES; H. O.; QUIROZ. **Proyecto, clima, arquitetura**. Vol. I-III. México. Ediciones Gili, 1986.
- GUTIERREZ, G.C.R. **Avaliação do desempenho térmico de três tipologias de brise-soleil fixo**. 2004. 190f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- HERRMANN, T.; SCHIDA, U. **Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. Berlim, 1999. 308-316p.
- HERTZ, John. **Ecotécnicas em arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1998. 125p.
- HONG KONG. Hong Kong Polytechnic. The Hong Kong Construction Association. **Reduction of construction waste – final report**. Hong Kong, s.ed., March 1993.
- HOW STUFF WORKS. **Como tudo funciona**. Disponível em: <<http://www.hsw.uol.com.br>>. Acesso em: 12 dez 2009.
- IDHEA - O Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (2009): Disponível em: <http://arquitetura.abril.uol.com.br/livre/fundacao/0227_relidhea.shtml>. Acesso em: 20 out. 2009.
- IEA - INTERNACIONAL ENERGY AGENCY. **Daylight in Buildings. A Source Book on Daylighting Systems and Components**. IEA, Washington, USA. 2000.
- INTEC-FEB. **Projeto Casa Eco II Econômica e Ecológica, características de um projeto habitacional eco eficiente**. Disponível em: <www.feb.br>. Acesso em 24 out. 2009.
- ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14040: Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Genebra, 1997. 12p.
- JAPPUR, F. Rafael. **A sustentabilidade corporativa frente às diversas formações de cadeias produtivas segundo a percepção de especialistas**. 2004. 161 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção). Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- JOHN, M. Vanderley. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 102 f. Tese (livre docência) – Escola

Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável e a construção habitacional**. Disponível em: <http://www.rpm.com.br/sbpc58ra/cursos/sbpccontrole/relatorios/relatorio_textos.asp?id=473>. Acesso em: 24 out 2009.

KAICK, T.S.V. **Estação de tratamento de esgotos por meio de zona de raízes**: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná, 2002. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; FERNANDO, O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW. 1997.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A. L. P.; CARLO, J. C. **Desempenho Térmico de Edificações**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LAMBERTS, R; TRIANA, M.A. **Relatório Estado da Arte**: Capítulo Energia Projeto Tecnologias para a Construção Habitacional mais Sustentável. Florianópolis, 2000. Disponível em: <www.labee.ufsc.br/finep>. Acesso em: 07 dez 2009.

LAYTON, Julia. **Como funciona a energia eólica**. Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/energiaeolica1>>. Acesso em: 10 maio 2010.

LEED - LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN. 2009 for **New Construction and Major Renovations Rating System** USGBC. 2009. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/>>. Acesso em: 02 abril 2010.

LERIPIO, A. A. **GAIA - um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LORA, Electos. **Prevenção e controle da poluição no setor energético industrial de transporte**. Brasília: ANEEL, 2000.

MAIMON, Dalia. **Passaporte Verde: gestão ambiental e competitividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2000. 110p.

MANETTI, P. Duse. **Casa Sustentável**: uma alternativa possível. Monografia realizada para o concurso “Prêmio Senador Milton Campos” promovido pela Fundação Milton Campos e o Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras – CRUB. Brasília. Dezembro, 2007.

MARSCHOFF, C. M. **Las fuentes de energía en el siglo XXI**. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina S.A., 1992.

MAZZOLA, M. **Uso de leitos cultivados de fluxo vertical por batelada no pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio compartimentado**, 2003. 113 f. Dissertação (Mestrado

- em Engenharia Agrícola). FEAGRI - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.
- MELIGHENDER, M. Os Desperdícios na Construção Civil. In: III Encontro Nacional da Construção – 111 EXPO-ENCO. **Anais...**Porto Alegre, Rio Grande do Sul 1976.
- MÉNDEZ, A., STORNINI, A. J. SALAZAR, E. B. et al. **Acustica arquitectonica**. Buenos Aires: UMSA, 1995. 238 p.
- MEYER, M. Murilo. **Gestão ambiental no setor mineral: um estudo de caso**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Conceitos Básicos sobre Permancultura** - Projeto Novas Fronteiras da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável (PNFC). Brasília: MA, SDR, ABC/Itamaraty, PNUD, 1998.
- MINKE, Gernot. In: **Revista Vida Simples**. Ed. 66. São Paulo: Ed. Abril, maio 2008.
- MÜLLER-PALNTENBERG, C.; AB’SABER, A. N. **Previsão de Impactos: o estudo de impacto ambiental no leste, oeste e sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha**. 2 ed. São Paulo: Edusp Editora, 1996.
- NEPOMUCENO, L. X. **Acústica Técnica**. São Paulo: ETEGIL, 1968.
- NICOLETTI, G. M.; NOTARNICOLA, B; TASSIELI, G. **Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles**. Journal of Cleaner Production, n. 10, p. 283-296, 2002.
- NSWHEALTH. **Greywater reuse in sewerred single domestic premises**. Disponível em: <http://www.health.nsw.gov.au/public_health/ehb/general/wastewater/greywater~policy.pdf>. Acesso em: 14 abr 2010.
- OLIVEIRA, C. Mayara; PASQUALETTO, Antônio. **Ecovila Santa Branca: Alternativa Sustentável de Moradia**. Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental Goiânia – GO.s.d.
- OLIVEIRA, S. H. F. **Geração Distribuída de Eletricidade: inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no estado de São Paulo**. São Paulo, 2002.
- PARESCHI, D.C. **Caracterização da fauna rotífera em área alagada construída para tratamento de esgoto doméstico**, 2004, 180 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.
- PARKER, J. The toxic zone. **Buildings Services the CIBSE journal**, v.15, n.03, p. 24-26, 1993.
- PEARSON, David. **The Natural House Handbook**. Sidnei: Conran Octopus, 1989.
- PEREIRA. W. R. Glaudson. **Projeto de um modelo de utilidade: caixa de descarga**

- econômica com dois estágios. Ed. UEMA. São Luís, 2006.
- PERÉN, J.I; CARAM, R.M. **Interação da ventilação natural, mecânica e climatização:** estudo do hospital Sarah Kubitschek Fortaleza, do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé IX. Encontro nacional e V latino americano de conforto no ambiente construído; Ouro Preto: ANTAC, 2007.
- PEUPORTIER, B. L. P. Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context. *Energy and Buildings*, Paris, n. 33, p. 443-450, 2001.
- PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade:** uso em empresas de construção de edifícios. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. 462p.
- PINTO, Tarcísio de Paula. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais.** Pesquisa de campo. São Carlos: Departamento de Arquitetura e Planejamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1989. 33p.
- PLESSIS, D. Chrisna. **Agenda 21 For Sustainable Construction in Developing Countries:** International Council for Research and Innovation. Ed. CIB.
- PMI. **Project Management Institute:** PMI Santa Catarina. Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.pmisc.org.br>>. Acesso em: 10 maio 2010.
- POMPÊO, César Augusto. **Drenagem Urbana Sustentável.** Florianópolis, SC, 1999.
- REIS, T., et al. **Revisão do Gerenciamento dos Resíduos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (campus Curitiba):** Dados Preliminares Para a Implementação da Coleta Seletiva. Curitiba. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Disponível em: <<http://www.pucpr.br/comunidade/ambiental/MonografiaTatiana.pdf>>. Acesso em: 20 out 2009.
- RIBEIRO FILHO, J. N. et al.;. **Projeto e execução de casa ecoeficiente em Campina Grande – Paraíba.** In: I CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. **Anais...** Natal-RN, 2006.
- ROAF, S. FUENTES, M., THOMAS, S. **Ecohouse:** a casa ambientalmente sustentável. 3. ed. Porto Alegre, 2006. 488p.
- ROBERTSON, G. Sick Buildings - Effects, causes, analysis and prevention. In: COUNCILL ON TALL BUIDINGS AND URBAN HABITAT. **Rehabilitation of Damaged Buildings.** Bethlehem, Le High University, 1995. p.70 - 88.
- ROSTON, D.M.; **Considerações sobre o uso de leitos de macrófitas no tratamento de resíduos de pequenas comunidades rurais.** In: do XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, **Anais...** Ilhéus, SBEA, 1993.
- RUTHER, R. **Instalações solares fotovoltaicas integradas a edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública.** Florianópolis, 2000.

- SABBATINI, E. H. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos: Formulação e Aplicação de uma Metodologia.** São Paulo: 1989. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- SALATI JR, E.; SALATI, E.; SALATI, E. Wetlands projects development in Brazil. **Water and Science Technology**, v. 40, n. 3, p.19-25. 1999.
- SATTLER, A. Miguel. **Habitações de Baixo Custo mais Sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis.** Porto Alegre: Ed. Antac, 2007.
- SERGEANT, John. **Frank Lloyd Wright's Usonian Houses.** The Case for Organic Architecture. New York: Whitney Library of Design, 1976. p.27.
- SETELOMBAS. **Banheiro seco.** Disponível em: www.setelombas.com.br. Acesso em: 21 abril 2010.
- SHARLAND, I.; LORD, P. **Woods practical guide to noise control.** 3 ed. England: Woods of Colchester Limited, 1979.
- SILVA, C. Aluizio. **Estudo da Durabilidade de Compósitos Reforçados com Fibras de Celulose.** São Paulo, 2002. 145 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo. Disponível em: [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Dissertacao%20Aluizio .pdf](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Dissertacao%20Aluizio.pdf)>. Acesso em: 20 abril 2010.
- SILVA, V.G.; SILVA, M.G; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios: definição de indicadores de sustentabilidade. **In:** III Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis – ENECS, São Carlos, SP. 2003. **Anais...**São Carlos, SP: ANTAC, 2003. 11p.
- SILVA, V.G.; SILVA, M.G; ANTUNES, R.P.N.; AGOPYAN, V. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios:** definição de referência de desempenho nacional. **In:** IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC’ 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...**Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002. p. 429-436.
- SILVEIRA; Q. Bruna. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais.** Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG Belo Horizonte - MG. Janeiro de 2008.
- SINDUSCON – SP. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br>>. Acesso em: 21 abril 2010.
- SOARES, D. A. F.; SOARES, P. F.; PORTO, M. F. A.; GONÇALVES, O. M. **Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações.** In: xii Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Vitória, 1997. **Anais...** XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, 1997.
- SOCIEDADE DO SOL. **Sistemas de reuso de água residencial.** Disponível em: <http://www.sociedadedosol.com.br>>. Acesso em: 20 abril 2010.

- SOUSA, J. T; HAANDEL, A. V.; GUIMARÃES, A. V. A. **Pós-tratamento de efluente anaeróbio através de sistemas wetland construídos**. In: Chernicharo, C. A.L.(coordenador) Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Coletânea de trabalhos técnicos, Belo Horizonte: ABES. p. 25 – 32, 2000.
- SOUSA, J. T; HAANDEL, A. V.; LIMA, E. P. da C.; HENRIQUE, I. N; **Utilização de wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB**. Nota técnica Vol. 9, Nº 4, p 285-290, 2004.
- SOUZA, Roberto et al. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obra**. São Paulo: Pini, 1996. 275p.
- THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Editora Pini, 2001.
- VALENTIM, M.A.A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado**. 1998. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- VALLE, E. Cyro. **Qualidade ambiental: como ser competitivo protegendo o meio ambiente**. São Paulo: Pioneira, 1995.
- ZABROCKI, L., SANTOS, D.C. **Caracterização da água cinza em edifícios residenciais**. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Campo Grande. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande: ABES, 2005.
- WESTERN DRILLING. **Geothermal**. Disponível em: <<http://www.westerndrillinginc.com>>. Acesso em: 11 maio 2010.

8 APÊNDICE – GUIA AMBIENTAL PARA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS SUSTENTÁVEIS



"Por alguns séculos, o mundo ocidental considerou a natureza como um fenômeno material não ligado à consciência humana e barrou a percepção da inteligência oculta à nossa volta. Em décadas recentes, fomos forçados a reconhecer nossa dependência e nossa interligação com todos os povos e com a natureza. Talvez os próximos passos para nós, sejam despertados a antiga percepção da inteligência viva, inerente à natureza, e aprendermos a cooperar com ela para o bem do planeta e de todos os povos".

SHIRLEY NICHOLSON



Índice

1 APRESENTAÇÃO	01
2 INTRODUÇÃO.....	02
3 NOVE FASES PARA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS SUSTENTÁVEIS	03
3.1 Planejamento Sustentável da Obra.....	04
3.2 Aproveitamento passivo dos recursos naturais.....	16
3.3 Eficiência energética.....	30
3.4 Gestão e economia da água.....	35
3.5 Gestão dos resíduos na edificação.....	50
3.6 Qualidade do ar e do ambiente interior	57
3.7 Conforto termo-acústico.....	60
3.8 Uso racional de materiais.....	71
3.9 Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.....	76



1. APRESENTAÇÃO

Dividido em nove capítulos ordenados em uma sequência lógica, que abrangem desde a fase do planejamento sustentável da obra até a fase final de sua construção, o guia leva o leitor a ter uma noção geral sobre construções sustentáveis.

Nos primeiros três capítulos, são expostas informações que auxiliam a fase de execução de uma residência sustentável, levando em consideração o aproveitamento passivo dos recursos naturais e buscando a eficiência energética da habitação.

No capítulo 4, são apresentados métodos para a gestão e economia da água nas residências. Neste capítulo foi incluída também uma parte de drenagem sustentável da residência que apresenta benefícios diretos e indiretos no sistema de rede de drenagem urbana.

O capítulo 5 deve ser aplicado como princípio fundamental de uma residência sustentável, por tratar da gestão dos resíduos na edificação, é onde a construção civil apresenta maiores desafios em curto prazo. Esta gestão é fundamental para o controle de desperdício, pois este controle, quando bem efetuado, gera ganhos econômicos e reduz significativamente a geração de resíduos da construção civil.

Os capítulos 6 e 7, caracterizam por ter como princípio norteador um ambiente interno saudável e confortável, criando um ambiente interior respirante, não-selado, isento de poluentes, com controle da temperatura, umidade e acústica que não impactem na saúde humana.

O capítulo 8 mostra utilização de produtos do mercado de forma racional cuja produção e utilização causam impacto ao meio ambiente ou que são suspeitos de ocasionar problemas à saúde humana e ecologia.

O capítulo 9, compreende o uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis na construção da residência, como por exemplo: ecoprodutos, materiais naturais, materiais reciclados atóxicos e tecnologias sustentáveis.



2. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais. Em todo o planeta, praticamente não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência direta e/ou indireta do homem, resultando em impactos ambientais e perda econômica.

A falta de conhecimento sobre sustentabilidade da construção por parte de muitos profissionais responsáveis pela execução de residências é evidente e explicitada com os problemas recorrentes encontrados nos grandes centros urbanos após o término das mesmas. As obras de pequeno porte são relativamente caras e demoradas, isso ocorre devido a uma cultura retrocessa e conservadora.

A Construção Sustentável faz uso de materiais e de soluções tecnológicas e inteligentes para promover o bom uso e a economia de recursos finitos (água e energia elétrica), a redução da poluição e a melhoria da qualidade do ar no ambiente interno e o conforto de seus moradores e usuários. Trata-se de um modelo diferente de construção, que, a grosso modo, pode ser definida como aquela que permite a integração entre homem e natureza, com um mínimo de alteração e impactos sobre o meio ambiente (INTEC, 2009).

O guia ambiental para construção de residências sustentáveis permite difundir conhecimento de forma sistematizada, criteriosa e segmentada, atuando como instrumento de gestão ambiental da habitação, facilitando a compreensão da estrutura e funcionamento dos aspectos construtivos de uma residência sustentável, orientando o estudo de concepção do projeto a fim de atingir a ecoeficiência. Possibilita também ao usuário adquirir e aplicar as diversas técnicas construtivas ecoeficientes em projetos de residências convencionais.



3. NOVE FASES PARA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS SUSTENTÁVEIS



1. Planejamento Sustentável da Obra



2. Aproveitamento passivo dos recursos naturais



3. Eficiência energética



4. Gestão e economia da água



5. Gestão dos resíduos na edificação



6. Qualidade do ar e do ambiente interior



7. Conforto termo-acústico



8. Uso racional de materiais



9. Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis



3.1 Planejamento Sustentável da Obra

Os empreendimentos da construção civil são atualmente um dos maiores causadores de impactos ao meio ambiente. As atividades relacionadas à construção, operação e demolição de edifícios promovem a degradação ambiental através do consumo excessivo de recursos naturais e da geração de resíduos. A necessidade de minimização dos impactos ambientais gerados pelas edificações e a difusão dos conceitos de desenvolvimento sustentável levaram o setor a buscar construções com melhor desempenho ambiental.

Antes de iniciar o planejamento da obra é interessante entender um modelo de gestão ambiental onde, Donaire (1995) define a gestão ambiental como:

"o conjunto de procedimentos bem definidos e adequadamente aplicados que visam reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente. O ciclo de atuação da gestão ambiental deve cobrir desde a fase de concepção do projeto até a eliminação efetiva dos resíduos gerados pelo empreendimento."

O planejamento ambiental da obra busca alterações nos processos produtivos, qualificação de mão-de-obra especializada e reestruturação das fases de projeto e planejamento, visando, sobretudo, redução das perdas de materiais, ganhos econômicos e, como consequência, redução dos impactos no meio ambiente.

Para dar o primeiro passo na sustentabilidade da obra a racionalização pode ser uma alternativa em curto prazo, onde o primeiro plano é a racionalização de técnicas construtivas e em segundo plano é o aperfeiçoamento da atividade construtiva buscando o desempenho ótimo. A racionalização está intimamente ligada à geração de Resíduos da Construção Civil, como relata Sabbatini (1989):

"Racionalização da construção é o processo dinâmico que torna possível a otimização do uso dos recursos humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país e de acordo com a realidade socioeconômica própria."



Após o conceito de racionalização, a importância de controle de qualidade na obra faz-se necessário, pois busca a garantia de sucesso no processo construtivo. Englobando a busca por qualificação de profissionais de projeto e de novos projetos; coordenação e análise crítica de projetos; controle da qualidade de projetos; controle de modificações durante a produção; e parâmetros de projeto relacionados com o tempo, necessitando assim de um planejamento adequado.

“Planejar significa decidir antecipadamente (ACKOFF et al., 1984 apud FREZATTI, 1999). Decidir implica em analisar e escolher alternativas de ações, segundo nossas preferências, disponibilidades, custos, grau de risco, etc. (FREZATTI, 1999). Esse processo de planejamento, sem um posterior acompanhamento (controle) do que foi executado, é algo sem valor. É tempo (dinheiro) jogado fora.”

Planejamento e controle de projetos, de uma forma ampla, é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas nas atividades do projeto a fim de atender os seus requisitos. Ele pode ser mais bem explicado através dos processos que o compõem, que podem ser reunidos em cinco grupos de processos: iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento (PMI, 2007).

Durante todos estes processos de gerenciamento de um projeto, o conhecimento sobre sustentabilidade ambiental por todos os funcionários envolvidos na mesma possui grande utilidade e apresenta uma importante ferramenta na execução de trabalho nos processos diários que envolvem um projeto de construções sustentáveis.

Posterior ao planejamento vem o controle do que foi executado. Pode-se dizer que este controle, no caso de uma obra, é o processo pelo qual o engenheiro responsável verifica se os recursos necessários à execução de determinado serviço são obtidos e utilizados com eficiência e de acordo com o planejado. Por recursos, entende-se os materiais e insumos, assim como a mão-de-obra.



Diante do exposto, percebe-se que o planejamento e o controle são de vital importância no processo de busca pela ecoeficiência no que diz respeito ao setor de construção civil. Assegurando que as questões ambientais sejam contempladas já nos primeiros passos do planejamento da obra, assegurando a relação entre o meio ambiente e o ser humano, dando maior ênfase ao aspecto sócio-ambiental e adotando novas tecnologias.

A gerência na construção civil tem sido um ponto muito visado na crescente busca por qualidade, baixo custo e maior rapidez nos processos de implementação de um empreendimento. Mas por dispor de estruturas gerenciais enxutas, as empresas deste setor encontram maiores dificuldades em se adaptar às técnicas e inovações gerenciais (JUNGLES, 2006).

Segundo ABNT-ISO 14001 (2004), a alta administração da organização deve indicar representante(s) específico(s) da administração, o(s) qual(is), independentemente de outras responsabilidades, deve(m) ter função, responsabilidade e autoridade definidas para:

Assegurar que um sistema da gestão ambiental seja estabelecido, implementado e mantido em conformidade com os requisitos desta Norma.

Falar em gerenciamento na construção civil é chamar a atenção para as etapas do ciclo do empreendimento, que são as fases de concepção, projeto, execução e operação. Especialmente na fase de execução, somos desafiados a promover a integração e desenvolvimento com eficiência do projeto, suprimentos, construção e aplicação dos recursos financeiros. É função do gerenciamento superar estas dificuldades, buscando soluções adequadas para cada situação (NETTO, 1988).

Pode-se dividir o gerenciamento da construção em etapas mais específicas, que são: planejamento executivo da obra, planejamento do canteiro de obras, programação e controle qualitativo e quantitativo.

Um dos principais motivadores para a execução do planejamento e controle ambiental da obra é a Produção mais Limpa, onde ocorre à busca da eficiência de processos aliada a aperfeiçoar a tecnologia buscando resultados econômicos e ambientais. A Produção mais Limpa não trata simplesmente do sintoma, mas tenta atingir as raízes do problema.



Na logística dos materiais, deve-se sempre explorar a valorização e o aproveitamento dos materiais de construção sempre havendo uma preocupação em manter nível de serviço e a efetividade da obra, onde o fluxo de material construtivo deve levar em consideração o fornecimento apenas do necessário.

O planejamento aliado a logística sustentável gera a operação e controle dos fluxos materiais, financeiros e de informação não busca somente a satisfação das demandas com a melhor relação de custo e serviço, mas também aperfeiçoar neste processo os fatores ambientais e humanos que agregam valor ao produto ou serviço direta e indiretamente, para garantir a sua efetividade.

Assim, com a não produção e circulação de bens em volume desnecessários teremos a logística ligada à ecoeficiência. Esta poderia ser alcançada mediante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, ao tempo que reduz progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida, a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra. (WBCSD, 2003 apud JAPPUR, 2004).

Para que se obtenha uma logística sustentável de canteiro eficiente, deve se atentar para algumas atividades, como:

- Controle dos fluxos físicos ligados à execução;
- Gestão das interfaces entre os agentes;
- Gestão da praça de trabalho;
- Gestão de resíduos sólidos;
- Gestão de energia;
- Gestão da água.



A logística de canteiro deve ser preparada antes do começo da obra, devendo ser levados em consideração no “layout” do canteiro, locais para descargas próximas ao local de descarte de embalagens, zonas de estocagem com controle para evitar perdas e quebras, zonas para pré-fabricação se for o caso, locais de depósitos de resíduos sólidos, eficiência energética do canteiro de obra e controle de desperdício e aproveitamento de água. Facilitando assim o fluxo dos materiais e dos trabalhadores, gerando atenção para a o controle ambiental da obra.

As atividades devem ser bem planejadas de modo que uma equipe não atrapalhe o serviço das outras, nem que haja o favorecimento do trabalho de uma equipe em relação às outras.

A equipe da obra (engenheiro, mestre, técnico) desempenhará um papel importante na organização e na gestão da mão-de-obra, e deverá observar como a obra está transcorrendo, coletar dados que possam ser aproveitados para melhorar tanto o “layout” do canteiro, a gestão das interfaces e o controle dos fluxos físicos ligados à execução, inclusive possíveis falha da gestão ambiental da obra.

E ainda, a equipe deverá detectar se alguma disfunção está ocorrendo como, por exemplo, desperdício de materiais oriunda da má qualificação da mão-de-obra, falta de cuidado em manuseio materiais intensificando as perdas e gerando maior quantidade de resíduos sólidos, desperdício de água e energia, problemas de comunicação ou ainda atrasos nos prazos de entrega e na qualidade da entrega, que prejudiquem tanto a logística de canteiro quanto a logística de rua, onde a equipe deverá tomar as medidas necessárias para corrigi-las.

Segundo Cardoso (1996) os aspectos essenciais à logística de rua são:

- Gestão da logística de suprimento de materiais e componentes;
- Constituição de um serviço de compra eficiente;
- Elaboração de mecanismos de seleção de fornecedores;
- Desenvolvimento de boas relações com os fornecedores.



Os trabalhadores devem ser utilizados ao máximo e incentivados a introduzir melhorias em vez de solucionar problemas. Para que se tenha uma mão-de-obra qualificada e uma capacidade de introduzir melhorias, a informação semanal sobre aspectos ambientais da obra é um processo educativo e que pode levar certo tempo para aplicação, o mestre-de-obras deve estar ciente das características de uma construção sustentável e sempre atendo aos funcionários quando necessário para corrigi-los (capacitação do pessoal, especialmente daqueles que desempenham funções especializadas da gestão ambiental).

É necessário ainda que esses trabalhadores desenvolvam qualificações adicionais (conscientização, o conhecimento, a compreensão e as habilidades necessárias) no que diz respeito gestão ambiental da obra, para que possam realizar tarefas visando resultados ecoeficientes, como:

- Controle de qualidade, visando o não desperdício e aproveitamento de materiais;
- Limpeza, separação de resíduos sólidos em áreas estabelecidas, evitar lançamentos de produtos no solo no solo;
- Solicitação de materiais, melhorando a logística de materiais;
- Consumo consciente de água, energia e uso racional de matérias-primas e recursos naturais.

A busca pela sustentabilidade ambiental do processo construtivo de uma obra é resultante do seu planejamento e gerenciamento, da organização do canteiro de obras, das condições de higiene e segurança do trabalho, da correta operacionalização dos processos administrativos em seu interior, do controle de recebimento e armazenamento de materiais e equipamentos e da qualidade na execução de cada serviço específico do processo de produção, onde o controle destes processos é fundamental para atingir a ecoeficiência.



Os trabalhadores devem ser utilizados ao máximo e incentivados a introduzir melhorias em vez de solucionar problemas. Para que se tenha uma mão-de-obra qualificada e uma capacidade de introduzir melhorias, a informação semanal sobre aspectos ambientais da obra é um processo educativo e que pode levar certo tempo para aplicação, o mestre-de-obras deve estar ciente das características de uma construção sustentável e sempre atendo aos funcionários quando necessário para corrigi-los (capacitação do pessoal, especialmente daqueles que desempenham funções especializadas da gestão ambiental).

É necessário ainda que esses trabalhadores desenvolvam qualificações adicionais (conscientização, o conhecimento, a compreensão e as habilidades necessárias) no que diz respeito gestão ambiental da obra, para que possam realizar tarefas visando resultados ecoeficientes, como:

- *Controle de qualidade, visando o não desperdício e aproveitamento de materiais;
- *Limpeza, separação de resíduos sólidos em áreas estabelecidas, evitar lançamentos de produtos no solo no solo;
- *Solicitação de materiais, melhorando a logística de materiais;
- *Consumo consciente de água, energia e uso racional de matérias-primas e recursos naturais.

A busca pela sustentabilidade ambiental do processo construtivo de uma obra é resultante do seu planejamento e gerenciamento, da organização do canteiro de obras, das condições de higiene e segurança do trabalho, da correta operacionalização dos processos administrativos em seu interior, do controle de recebimento e armazenamento de materiais e equipamentos e da qualidade na execução de cada serviço específico do processo de produção, onde o controle destes processos é fundamental para atingir a ecoeficiência.



Realização de estudos de impacto ambiental é um instrumento de auxílio ao planejamento de projetos mais amigáveis ao meio ambiente, identificando e avaliando os impactos e riscos do empreendimento e propondo as medidas de gestão ambiental a serem adotadas para minimizar os prejuízos ambientais

A construção civil é uma atividade que engloba variados sub-setores e é responsável por uma gama de impactos, que vão desde a extração da matéria-prima, à produção de materiais, passando pela construção residencial e obras de infra-estrutura (SILVA, 2002).

O estudo de impacto ambiental pressupõe o controle preventivo de danos ambientais. Uma vez constatado o perigo ao meio ambiente, deve-se ponderar sobre os meios de evitar ou minimizar o prejuízo.

Os instrumentos de realização dos princípios da prevenção e da precaução, como é o caso do Estudo de Impacto ambiental e seu relatório, não têm por finalidade impedir o desenvolvimento de atividades econômicas e sociais. O controle preventivo realizado por esse instrumento é de fundamental importância, pois requer uma atuação conjunta do Poder Público, da sociedade civil e da comunidade científica, que devem se harmonizar em um objetivo único: aliar o desenvolvimento social e econômico à preservação do meio ambiente e da própria espécie humana.



Compreende-se como impacto ambiental qualquer deterioração do meio ambiente que decorre de atividade humana. A Resolução n. 1/86 do CONAMA, em seu art. 1º, considera impacto ambiental “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam:

- A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- As atividades sociais e econômicas;
- A biota;
- As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- A qualidade dos recursos ambientais.

O objeto desse estudo prévio consiste em avaliar todas as obras e atividades que possam acarretar alguma deterioração significativa ao meio ambiente, seja um dano certo ou incerto. Além de atender aos princípios e objetivos da Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, o estudo de impacto ambiental (EIA) deverá ter como diretrizes gerais:

- I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
- II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;
- III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;
- IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade. (Resolução n.1/86, art. 5º).



A metodologia da Análise do Ciclo de Vida, ACV, cada vez mais integrada aos processos de tomadas de decisões em empresas e órgãos governamentais, tem se mostrado de fundamental importância na quantificação de impactos ambientais e na avaliação das melhorias do ciclo de vida de processos, produtos e atividades desenvolvidas no meio industrial.

A técnica de Análise do Ciclo de Vida é basicamente constituída pelas fases de definição do objetivo e do escopo do estudo, análise do inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados.

A primeira fase é a definição do objetivo e escopo do estudo, é necessário destacar a importância em se identifique as razões pelas quais o estudo esteja sendo conduzido, sua abrangência e suas fronteiras. Isso auxilia a aquisição de informações que serão de grande utilidade nas etapas posteriores, a exemplo da fase de inventário, proporcionando maior confiabilidade de resultados (BAUMANN & TILLMAN, 2004).

O emprego da ACV no ramo da construção civil se distingue dos demais por apresentar maior índice de longevidade, estendendo-se por algumas décadas ou mesmo séculos. Já as mercadorias industrialmente produzidas, em geral, caracterizam-se por um período de vida útil de semanas ou meses. Os tempos de vida útil média são apresentados na Tabela 1 com o tipo de processo construtivos.

Tempos de Vida Útil Média	Processo de Construção Específico
1 a 3 anos	Projeto e construção do edifício/ obra de engenharia civil
3 a 5 anos	Tempo de manutenção e uso
10 a 15 anos	Tempo médio de uso e renovação parcial
30 a 50 anos	Tempo longo de uso e renovação total
80 a 120 anos	Tempo de vida útil de sistemas estruturais de edificações
Superior a 150 anos	Tempo de vida útil de monumentos

Tabela 1: Processos de construção civil e respectivos tempos de vida útil média

Fonte: EUROPEAN COMMISSION, (1997).

Devido à complexidade da linha de produção, às diferentes características e à variedade de formas de utilização e ocupação das obras de engenharia, torna-se mais complicado quantificar e avaliar os custos de produção e os impactos ambientais.



Otimizar o ciclo de vida das edificações através de conceitos de projeto e tomada de decisões é um dos principais conceitos utilizados por Poon e Jaillon (2002), onde as estratégias adotadas as estratégias foram:

Desenvolver projetos flexíveis, que permitam aos seus futuros ocupantes evitar serviços de demolição quando da execução de reformas, manutenção de infraestrutura elétrica e hidráulica, ou possíveis ampliações. Um exemplo típico é o uso de divisórias em gesso acartonado em substituição às divisórias em alvenaria, que permitem ser desmontadas de acordo com as necessidades de reformas ou manutenções.

Considerar a flexibilidade de uso para garantir possíveis mudanças e, nesse sentido, adaptar o projeto às reais necessidades de seus ocupantes. Ainda no conceito de projeto flexível, o mesmo exemplo de uso de divisórias em gesso acartonado permitiria uma alteração de layout do espaço interno de edificações comerciais ou industriais, de modo a atender as demandas de uso e/ou ampliação dos locais.

Selecionar elementos estruturais de boa qualidade, como forma de garantir a sua durabilidade durante o ciclo de vida da edificação.

Considerar o princípio de espaços independentes na edificação (interior, áreas externas, áreas de apoio, etc.), de modo a permitir, em caso de reformas ou ampliações, a demolição de apenas as partes que serão modificadas, evitando assim, demolições desnecessárias de espaços, ou até mesmo a demolição de toda a edificação.

Considerar o uso de materiais pré-fabricados nos projetos, em contraposição a materiais comumente utilizados na construção, como tijolos, argamassa e outros, otimizando assim, qualquer necessidade de readaptação dos espaços projetados.

Considerar a seleção de materiais, incluindo aspectos como durabilidade, qualidade e fácil manutenção.

Durante o desenvolvimento dos projetos, considerar o ciclo de vida da edificação como forma de visualizar os benefícios que a adoção de procedimentos citados possa trazer ao meio ambiente, no que se refere à geração do entulho.



Dicas Gerais - Planejamento sustentável

- ➡ Elaboração de memoriais de execução, manuais de instrução e indicações visuais do uso correto das técnicas construtivas, com legendas, dicas e recomendações para utilizar de forma eficiente os materiais visando evitar desperdícios.
- ➡ Desenvolver projetos ecoeficientes bem definidos ordenando e equipando os espaços com técnicas sustentáveis, pois é o ponto de partida para adaptação do modelo moderno de construções sustentáveis.
- ➡ Respeitar a topografia, evitar excesso de escavações do terreno, construir a residência obedecendo a forma do relevo natural, evitando o risco de instabilidade de taludes.
- ➡ Escolher o terreno observando condições do ambiente urbano, evitar lugares sombreados pela presença de prédios que obstruam a passagem da luz solar, buscar sempre observar a disponibilidade de serviços a sua volta para evitar o transporte de longas distâncias.
- ➡ Controle e estocagem dos materiais em locais seguros e protegidos, sem risco de perdas e quebra. Atenção com prazo de validade dos produtos, o recebimento dos materiais novos deverão ser ordenados de forma a ficarem atrás dos mais antigos.
- ➡ Busca da melhora da qualidade de vida e saúde dos empregados da obra e do ambiente a sua volta.
- ➡ Consumir mínima quantidade de energia e água na implantação da obra e ao longo de sua vida útil.
- ➡ Análise do ciclo de vida quando possível dos produtos, serviços e da construção da obra.

3.2 Aproveitamento passivo dos recursos naturais

Uma construção bioclimática reduz a energia consumida e, portanto, colabora de forma importante na redução dos problemas ecológicos que se derivam dela. Além de economizar nas contas mensais de água e energia. No entanto, a arquitetura bioclimática no último século parece ter sido esquecida.

O projeto bioclimático exigirá uma análise do macroclima (clima do ecossistema em que está inserido), do mesoclima (clima regional), e previsão do microclima (clima que será formado nos arredores da construção). Para descrever o clima local pode-se utilizar o mapa referente à Figura 1.



Figura 1: Climas Brasileiros

Fonte: IBGE, 2010.

Estas informações são fundamentais no projeto para favorecer o aproveitamento passivo dos recursos naturais, definindo a arquitetura e tecnologias aplicadas. A definição de setores de ventos predominantes leva a uma melhora de desempenho na aplicação de ventilação natural e energia eólica, a definição das trajetórias solares auxilia de forma significativa a orientação, iluminação natural e energia fotovoltaica, aproveitando ao máximo o solar passivo.



Para garantir uma eficiente ventilação natural é importante considerar aspectos relativos ao local (variáveis climáticas), ao desenho do edifício (orientação e forma), ao programa e as aberturas.

A ventilação natural é uma eficiente opção de projeto para regiões com clima tropical ou quente úmido garantida pela conjugação dos seus princípios básicos: diferença das pressões causadas pela dinâmica dos ventos e diferenças térmicas (efeito chaminé) do meio; devendo, a mesma, ser considerada em todo o processo do projeto, inclusive na concepção.

A seguir são apresentados modelos de residências de acordo com o clima.

Climas Quentes e Secos



Figura 2: Modelo de residência para climas quentes e secos

Fonte: HSW, 2010.

Climas Quentes e Úmidos



Figura 3: Modelo de residência para climas quentes e úmidos

Fonte: HSW, 2010.

Climas Temperados e Subtropicais



Figura 4: Modelo de residência para climas temperados e subtropicais

Fonte: HSW, 2010.

Estratégias bioclimáticas quando corretamente utilizadas durante a concepção do projeto da edificação, auxiliam os princípios norteadores da construção de residências sustentáveis, buscando a melhora significativa do conforto térmico e a redução no consumo de energia. As zonas da carta de Givoni, adotadas na formulação da norma NBR 15220 - Norma Brasileira sobre Desempenho Térmico de Edificações, correspondem às seguintes estratégias apresentadas na Figura 6

Onde as letras do diagrama correspondem às zonas: A – Zona de aquecimento artificial (calefação); B – Zona de aquecimento solar da edificação; C – Zona de massa térmica para aquecimento; D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade); E – Zona de Conforto Térmico; F – Zona de desumidificação (renovação do ar); G + H – Zona de resfriamento evaporativo; H + I – Zona de massa térmica de refrigeração; I + J – Zona de ventilação; K – Zona de refrigeração artificial e L – Zona de umidificação do ar.

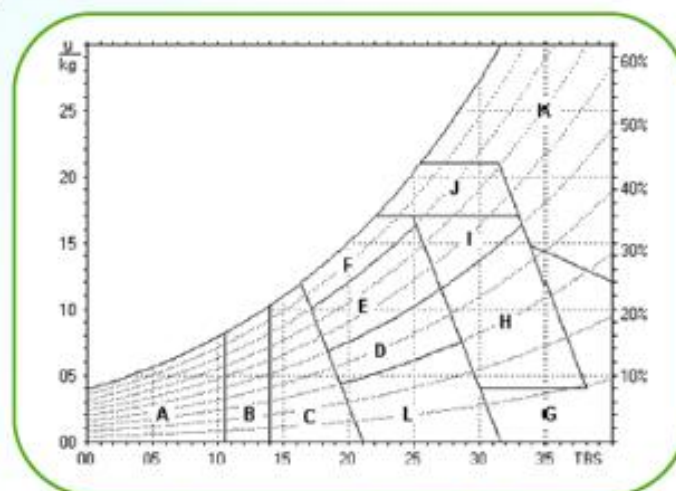


Figura 5: Zoneamento Bioclimático Brasileiro
Fonte: ABNT, 2005.

3.2 Aproveitamento passivo dos recursos naturais

Lamberts et al. (2005) apresenta uma discussão resumida a respeito de cada estratégia bioclimática. Informações mais detalhadas podem ser obtidas na referência citada.

Zona de Conforto

Para condições climáticas que resultem em pontos delimitados por esta região existe uma grande probabilidade das pessoas perceberem a sensação de conforto térmico. Desta forma, pode-se verificar que a sensação de conforto térmico pode ser obtida para umidade relativa variando de 20 a 80% e temperatura entre 18 e 29°C.

Ventilação

A ventilação corresponde uma estratégia de resfriamento natural do ambiente construído através da substituição do ar interno (mais quente) pelo externo (mais frio). As soluções arquitetônicas comumente utilizadas são ventilação cruzada, ventilação da cobertura e ventilação do piso sob a edificação.

Resfriamento Evaporativo

O resfriamento evaporativo é uma estratégia utilizada para aumentar a umidade relativa do ar e diminuir a sua temperatura. O resfriamento evaporativo pode ser obtido de forma direta ou indireta. O uso de vegetação, de fontes d'água ou de outros recursos que resultem na evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar constituem-se em formas diretas de resfriamento evaporativo. Uma forma indireta pode ser obtida através de tanques d'água sombreados executados sobre a laje de cobertura.



Inércia Térmica para Resfriamento

A utilização de componentes construtivos com inércia térmica (capacidade térmica) superior faz com que a amplitude da temperatura interior diminua em relação a exterior, ou seja, os picos de temperatura verificados externamente não serão percebidos internamente. Componentes construtivos com elevada capacidade térmica são indicados para climas quente e seco onde a temperatura atinge valores muito altos durante o dia e extremamente baixos durante a noite. Nestes casos, a capacidade térmica do componente permite o atraso da onda de calor fazendo com que este calor incida no ambiente interno apenas no período da noite, quando existe a necessidade de aquecimento.

Resfriamento Artificial

O resfriamento artificial deve ser utilizado quando as estratégias de ventilação, resfriamento evaporativo e massa térmica não proporcionam as condições desejadas de conforto.

Umidificação

A estratégia de umidificação é recomendada quando a temperatura do ar apresenta-se menor que 27°C e a umidade relativa abaixo de 20% (EVANS & SCHILLER, 1988 apud LAMBERTS et al., 2005). Recursos simples, como recipientes com água colocados no ambiente interno podem aumentar a umidade relativa do ar. Da mesma forma, aberturas herméticas podem manter esta umidade, além do vapor d'água gerado por atividades domésticas ou produzido por plantas.



Inércia Térmica e Aquecimento Solar

Neste caso, pode-se adotar componentes construtivos com maior inércia térmica, além de aquecimento solar passivo e isolamento térmico, para evitar perdas de calor, pois esta zona situa-se entre temperaturas de 14 a 20° C.

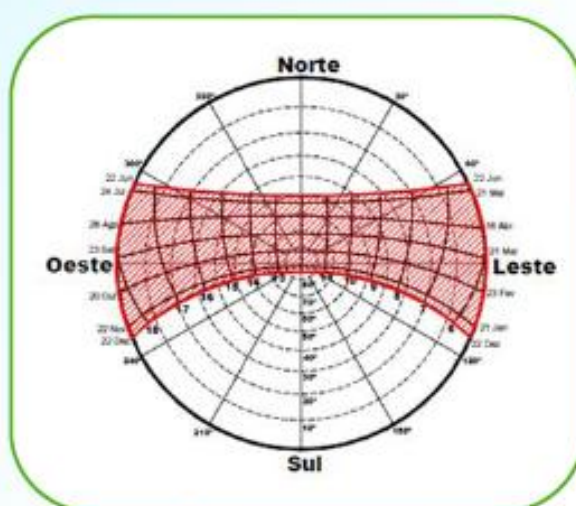
Aquecimento Solar Passivo

O aquecimento solar passivo deve ser adotado para os casos com baixa temperatura do ar. Recomenda-se que a edificação tenha superfícies envidraçadas orientadas para o sol e aberturas reduzidas nas fachadas que não recebem insolação para evitar perdas de calor. Esta estratégia pode ser conseguida através de orientação adequada da edificação e de cores que maximizem os ganhos de calor, através de aberturas zenitais, de coletores de calor colocados no telhado e de isolamento para reduzir perdas térmicas.

Aquecimento Artificial

Este tipo de estratégia deve ser utilizado apenas em locais extremamente frios, com temperatura inferior a aproximadamente 10,5°C, em que a estratégia de aquecimento solar passivo não seja suficiente para produzir sensação de conforto. Deve-se usar isolamento nas paredes e coberturas dos ambientes aquecidos para evitar perdas de calor para o ambiente externo.

A Figura 7 mostra a orientação adequada para edificações no hemisfério sul, buscando sempre a fachada norte, este aproveitamento correto da luz solar trás benefícios na qualidade do ar interno (UVC – ultravioleta C, bactericida) e contribui para a iluminação natural da própria habitação (radiação visível).



A busca pela iluminação natural pode acarretar em uma alta radiação térmica (infravermelho) em épocas de maior incidência como o verão, portanto a busca por soluções construtivas (Figura 8) que permitam ao edifício se proteger desta alta radiação térmica é fundamental.

Projetos de residências que buscam utilizar-se da iluminação natural resultam em um grande ganho de qualidade ambiental e na sustentabilidade, através de eficiência energética e conforto ambiental.

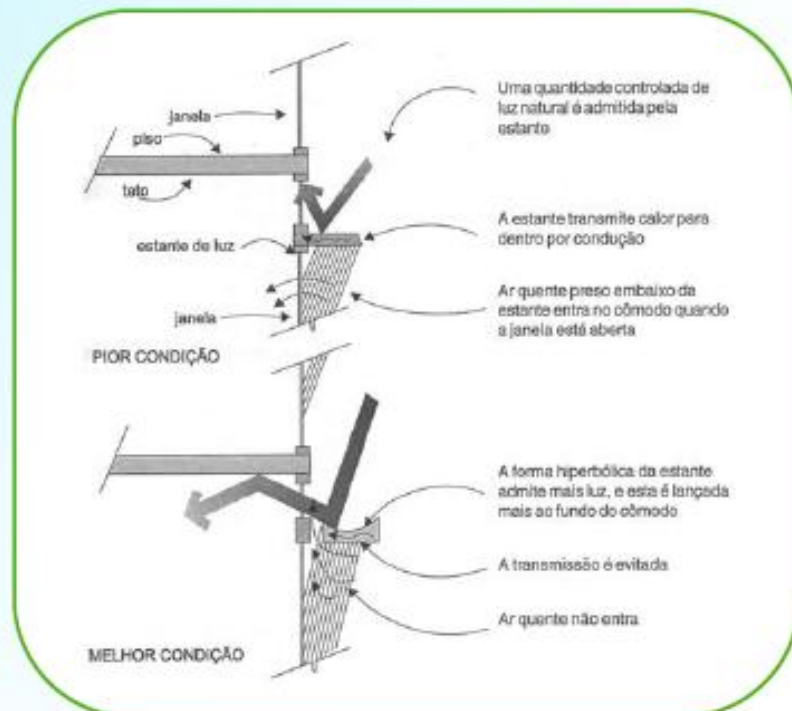


Figura 8: Soluções para iluminação natural e mitigação do calor
Fonte: HERTZ, 1998.

O Laboratório de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Universidade Federal do Pará apresenta características de arquitetura bioclimática e eficiência energética com um alto nível de autonomia, onde utiliza de iluminação natural: lateral e zenital (Figura 9), colocando as tarefas que mais requerem concentração, sempre que for possível, perto das janelas.



Figura 9: Tipologia de janela para iluminação e ventilação natural

Fonte: AGUILAR et al., 2007.

Essas aberturas permitem melhor distribuição da luz natural, pois as janelas baixas provocam uma luz rasante, que gera sombras muito incômodas (FROTA, 2001 apud AGUILAR, 2007).

Em regiões com pouca luminosidade natural o “Laser Cut Panel” (Figura 10) pode ser uma opção viável, constitui em um painel fino de acrílico dividido por meio de cortes a laser em uma série de elementos retangulares. A superfície de cada corte funciona como um pequeno espelho interno que deflete a luz que passa pelo painel, suas principais características são a alta proporção da luz defletida pelo ângulo obtuso ($>120^\circ$). A luz é defletida quando incide no meio do acrílico pelo princípio da refração, depois é refletida internamente e na saída defletida novamente.

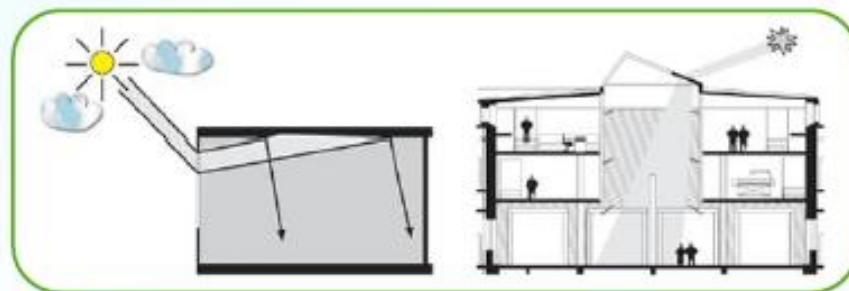


Figura 10: Laser Cut Panel

Fonte: IEA, 2000.

A ventilação natural adequada de um ambiente deve cumprir as exigências térmicas e higiênicas. O movimento relativo do ar em relação a um indivíduo acelera as trocas convectivas e evaporativas do seu corpo, com isso busca-se a temperatura de conforto do ambiente. A ventilação pode produzir um ambiente confortável, mesmo que a temperatura do ar esteja fora da zona de conforto. Esta extensão dependerá do teor de umidade e da velocidade do vento.

É possível dividir a ventilação em duas vertentes, a primeira age sobre o corpo e é chamada de ventilação de conforto, já a segunda age sobre a estrutura e as massas térmicas do edifício e é chamada de ventilação estrutural. A melhor maneira de aproveitar a ventilação vai depender da combinação da intensidade do vento e do tipo de clima local.

A velocidade do ar e o volume movido dependem da diferença da temperatura entre o interior e o exterior, das características do lugar, da organização e do tamanho das janelas, e da distância vertical entre elas (Figura 11).

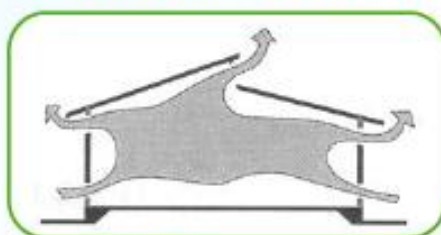


Figura 11: Ventilação em regiões úmidas
Fonte: KUKREJA, 1978 apud HERTZ, 1998.

A vantagem de janelas altas é sua capacidade de permitir escapar o ar mais quente e reduzir a temperatura do teto (Figura 12 e Figura 13).

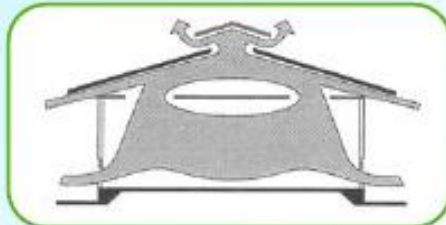


Figura 12: Ventilação em regiões úmidas com janelas altas com duas passagens pela laje
 Fonte: KUKREJA, 1978 apud HERTZ, 1998.

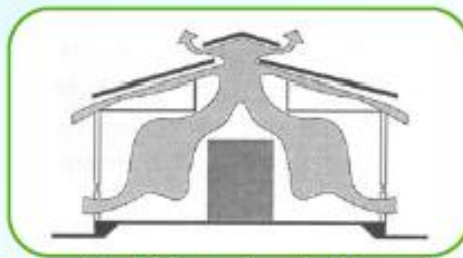


Figura 13: Ventilação em regiões úmidas com janelas altas com única passagem pela laje
 Fonte: KUKREJA, 1978 apud HERTZ, 1998.

Deve-se pensar contra a formação de bolsas de ar quente (Figura 14). Porém em climas mistos (úmidos e secos) o fechamento das partes de escape gera como resultado o aumento da umidade interna e calor, caracterizando um sistema mais versátil.

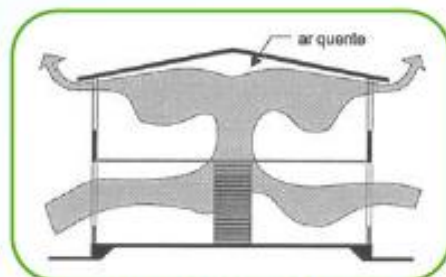


Figura 14: Ventilação a ser evitada em regiões úmidas e favorável em climas secos
 Fonte: KUKREJA, 1978 apud HERTZ, 1998.

A utilização de vegetação no entorno da edificação deve ser estudada para direcionar ou evitar ventilação em partes específicas, a busca por sombra pode acarretar em desvio da ventilação natural, ou vice e versa. Estudos realizados por Gonzales (1986) descreve a trajetória natural dos ventos após o contato com arbustos e árvores, podendo ser visualizado na Figura 15 e Figura 16.



Figura 15: Modificações da trajetória dos ventos produzidas pelas vegetações buscando fluxo interno
Fonte: GONZALEZ et al., 1986.

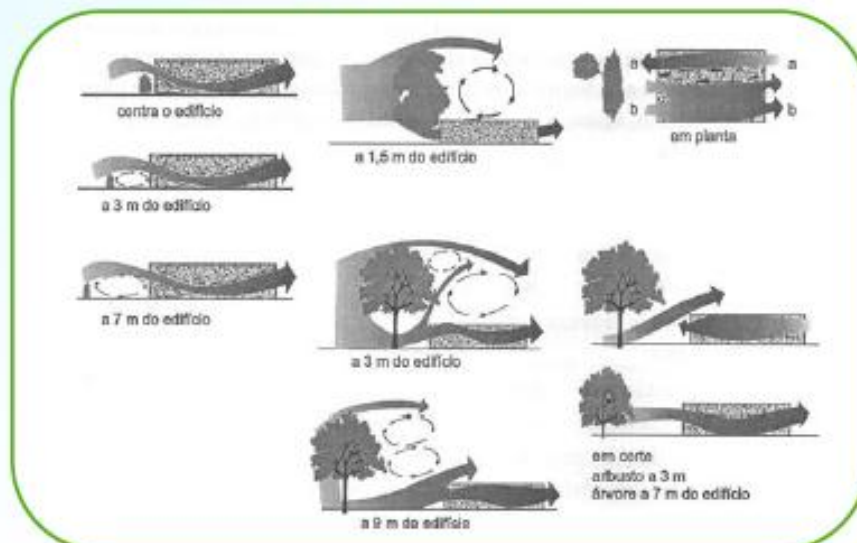


Figura 16: Modificações da trajetória dos ventos produzidas pelas vegetações
Fonte: GONZALEZ et al., 1986.

Dicas Gerais - Aproveitamento passivo dos recursos naturais

- ➡ Descrever o clima do local onde a obra esta inserira, caracterizando as temperaturas, pluviosidade, umidade relativa do ar, radiação solar e direção dos ventos, fatores fundamentais para orientar e moldar a residência, com estratégias que auxiliam o melhor aproveitamento destes fatores.
- ➡ Utilizar árvores nativas para conduzir o fluxo de ar para o interior da residência.
- ➡ Buscar a forma adequada da arquitetura residencial, características construtivas, localização e orientação do edifício e espaços abertos vizinhos para favorecer a ventilação natural.
- ➡ Observar a direção, velocidade e frequência dos ventos.
- ➡ As janelas devem buscar a melhor posição, através do tamanho e tipo das aberturas, observar presença de vegetação para permitir ou impedir a movimentação do ar.
- ➡ Sistema ventilação deve ser dotado de uma entrada e saída, fazendo com que o ar cruze o ambiente (ideal entrada pelos dormitórios e estar e saia pelas áreas de serviço).

3.3 Eficiência energética

Entende-se que a eficiência energética num processo de conversão de energia, onde é medida pela razão entre a energia útil requerida em um processo e a energia total fornecida a ele. Quanto maior essa relação, maior é a eficiência energética do processo. Aplicando este conceito, diz-se que uma edificação é energeticamente mais eficiente que outra, quando proporciona as mesmas condições de conforto com menor demanda de energia.

Do total da energia produzida no Brasil, 42% é utilizada por edificações residenciais, comerciais e públicas, sendo a iluminação e o ar condicionado os principais responsáveis por grande parte do consumo energético nesse setor. Se os arquitetos e engenheiros tivessem mais conhecimento sobre eficiência energética no projeto de arquitetura ou da especificação de materiais e equipamentos, este percentual poderia ser reduzido; além de evitar a necessidade de maior produção elétrica no país, o que seria benéfico aos usuários, tanto pela economia nos custos da obra, bem como no consumo de energia (LAMBERTS, 1997).

A correta utilização da iluminação e equipamentos para obter o máximo de rendimento da energia utilizada, propicia uma economia na redução do consumo e em paralelo reduz a expectativa de demanda do sistema elétrico como um todo, reduzindo os riscos de racionamento.

A redução no consumo do ar condicionado (através de projetos bioclimáticos), chuveiro (através do uso de chuveiros mais eficientes ou aquecimento solar), lâmpadas (busca por iluminação natural e lâmpadas econômicas) e refrigeradores (através do uso de geladeiras/freezers mais eficientes).

Atualmente o mercado dispõe de muitos produtos certificados e com selo de eficiência energética, a utilização destes produtos em residências sustentáveis é de fundamental importância para a mitigação do desperdício e valorização do meio ambiente.



O objetivo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se elimine o desperdício e se reduzam os custos e os investimentos setoriais. O selo PROCEL (Figura 17) é um instrumento promocional do PROCEL, aos equipamentos que apresentam os melhores índices de eficiência energética dentro da sua categoria. Sua finalidade é estimular a fabricação nacional de produtos mais eficientes no item economia de energia, e orientar o consumidor, no ato da compra, a adquirir equipamentos que apresentam melhores níveis de eficiência energética.

O PROCEL também desenvolveu uma subcategoria, o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural, através do selo CONPET (Figura 18). O objetivo principal desta subcategoria é disseminar a utilização de equipamentos mais eficientes, incentivando o empreendedor a incluir estes equipamentos como parte integrante da habitação, ressaltando a importância de atrelar-se de forma contratual a manutenção dos mesmos.



Figura 17: Selo PROCEL
Fonte: PROCEL, 2010.



Figura 18: Selo CONPET
Fonte: PROCEL, 2010.

O aproveitamento de fontes renováveis de energia, obtido através da transformação direta de recursos naturais como a força do vento e a energia solar direta constituem importante opção para reduzir o consumo energético fornecido pelas concessionárias ou mesmo em lugares onde não há rede elétrica.

A tecnologia fotovoltaica (Figura 19) do ponto de vista ambiental é fortemente defendida, pois a geração de energia é originada de uma fonte inesgotável e não poluente, trazendo ainda benefícios energéticos. No mercado atual, existem tecnologias fotovoltaicas baseadas em diferentes elementos os mais utilizados são os painéis de silício cristalino e os de silício amorfo.

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares, ou seja, o efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia).

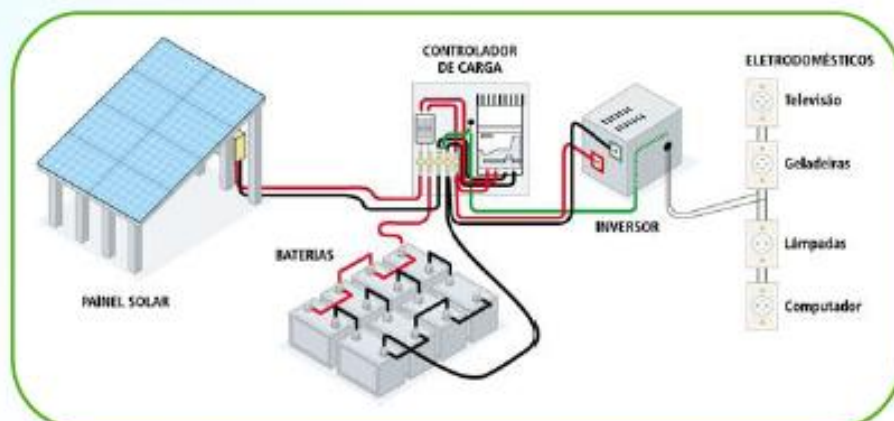


Figura 19: Sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica
Fonte: Adaptado de CRESESB, 2010.

Vale ressaltar que a análise e verificações nas plantas do projeto arquitetônico da edificação são necessárias, resultando em um melhor aproveitamento para instalações de painéis fotovoltaicos, buscando melhor inclinação e orientação, evitando assim regiões sombreadas.

A energia eólica apresenta vantagens como reduzido impacto ambiental na implantação e operação, baixo custo de manutenção e versatilidade, dado que pode-se conceber configurações para uma residência assim como um sistema de elevada potência para ligação à rede elétrica.

O gerador eólico consiste em um alternador que transforma movimento de rotação em energia elétrica, os equipamentos com maior velocidade de rotação são os mais indicados para esse fim.

Existem no mercado atual geradores para fins residenciais, o Gerador Eólico Residencial de 1.9 KW que ajudam a reduzir ou eliminar a conta de luz mensal. A sua aplicação deverá obedecer a velocidade média do vento (4.5m/s). A área de implantação requerida é de 2000 m² e livre de interferências (zoneamento do local permita uma estrutura de pelo menos 10m de altura).

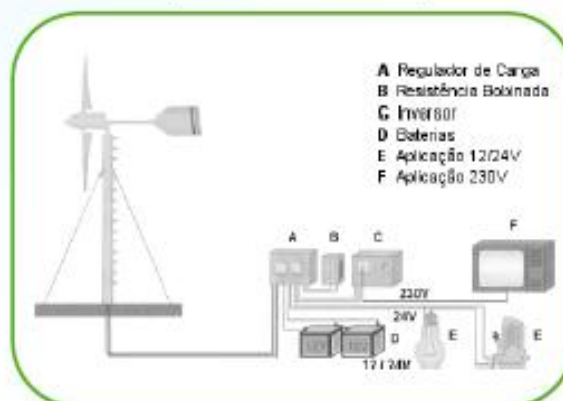


Figura 20: Sistema de geração eólica de energia elétrica
Fonte: Adaptado de CBEE, 2010.

Dicas Gerais - Eficiência Energética

- ➡ Buscar alternativas que auxiliam a reduzir o consumo de energia através de estratégias bioclimáticas
- ➡ Mesclar construção com sistemas naturais iluminação e ventilação.
- ➡ Controle de equipamentos da obra para evitar o mal uso e desperdício de energia.
- ➡ Buscar o uso de cores claras nas fachadas com insolação.
- ➡ Controle de iluminação através de sensores de presença.
- ➡ Utilizar proteção de fachadas com excessiva insolação, mediante ao uso de brises, fachadas claras, utilização de vegetação e telhas claras.
- ➡ Uso consciente e mudança de hábitos frente aos aparelhos eletrodomésticos e iluminação artificial.

3.4 Gestão e economia da água

Com o fluxograma é possível obter um levantamento de todos os aspectos que envolvem o programa de controle e gestão da água, definindo e indicando o objetivo e/ou metas a serem alcançadas, possibilitando assim um controle maior sobre as propostas estabelecidas. O ordenamento auxilia na tomada de decisão, concentrando ações, sejam elas, questões legais, identificação dos pontos de inundação no entorno do local, contribuição para a redução da poluição difusa, aplicabilidade, facilidade de implantação, atendimento das aspirações dos usuários, confiabilidade, sustentabilidade e duração da vida útil do sistema (ciclo de vida).

Para a concepção do sistema a ser adotado, o diagrama de fluxo (Figura 21) demonstra os passos para o seu desenvolvimento, que ocorrem concomitantemente ao conjunto de decisões a serem tomadas para todo o projeto.

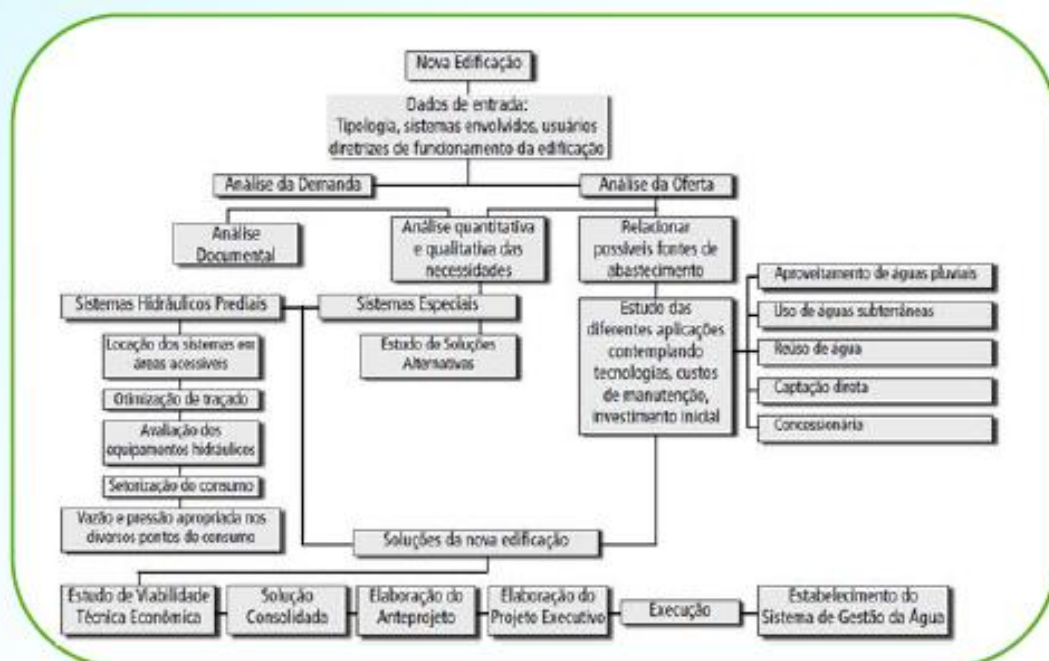


Figura 21: Programa de conservação de água em edificações novas

Fonte: SINDUSCON, 2009.

A captação da água da chuva é uma prática muito difundida em países como a Austrália e a Alemanha, aonde novos sistemas vêm sendo desenvolvidos, permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante eficiente em termos de custo-benefício. Segundo Aquastock (2005), A utilização de água de chuva traz várias vantagens como:

- Redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma;
- Evita a utilização de água potável onde esta não é necessária, como por exemplo, na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos, etc;
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial na grande maioria dos telhados, e o retorno do investimento ocorre a partir de dois anos e meio;
- Faz sentido ecológica e financeiramente não desperdiçar um recurso natural escasso em toda a cidade, e disponível em abundância todos os telhados;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios;
- Encoraja a conservação de água, a auto-suficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade.

A utilização de águas para fins potáveis deve ser vista com cuidado, pois os minutos iniciais de chuva em regiões urbanizadas, industriais ou até mesmo rurais, trazem consigo quantidade significativa de poluentes dispersos na atmosfera. Este processo é agravado quando o escoamento inicia-se no telhado e pátios (áreas de coleta), ocasionando arraste de poeira e fuligem poluindo ainda mais as águas pluviais.



Visto esta problemática é viável que o sistema de coleta de chuva possa ser dotado de dispositivo de controle (registro de descarga), onde o mesmo deve permanecer sempre aberto nos minutos iniciais de chuva e em seguida fechado para iniciar a reservação.

Existem basicamente quatro sistemas de concepção de aproveitamento de águas pluviais, onde o primeiro sistema corresponde a Figura 22 caracterizado pelo fluxo total, toda a água proveniente das chuvas é armazenada no reservatório, passando por um filtro ou tela (evitar entrada de folhas, galhos e material particulado), extravasando o excedente para o sistema de drenagem.

O segundo sistema corresponde a Figura 23 apresentando dispositivo de derivação instalada no tubo vertical, esse sistema é típico do período em que a água pluvial era destinada unicamente para poupar água potável e o desvio para o sistema de esgotamento sanitário era aceitável.

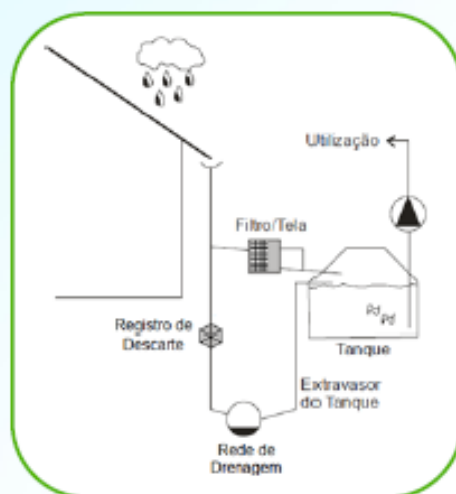


Figura 22: Sistema de fluxo total

Fonte: Adaptado de HERRMANN & SCHMIDA, 1999.

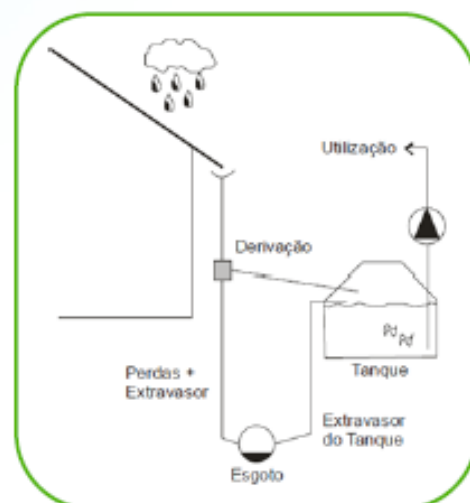


Figura 23: Sistema com derivação

Fonte: HERRMANN & SCHMIDA, 1999.

O terceiro sistema corresponde a Figura 24, caracterizada pela presença de volume de retenção. Onde o reservatório apresenta um volume adicional para conter excessos pluviais, com vantagens de auxiliar o sistema de rede de drenagem.

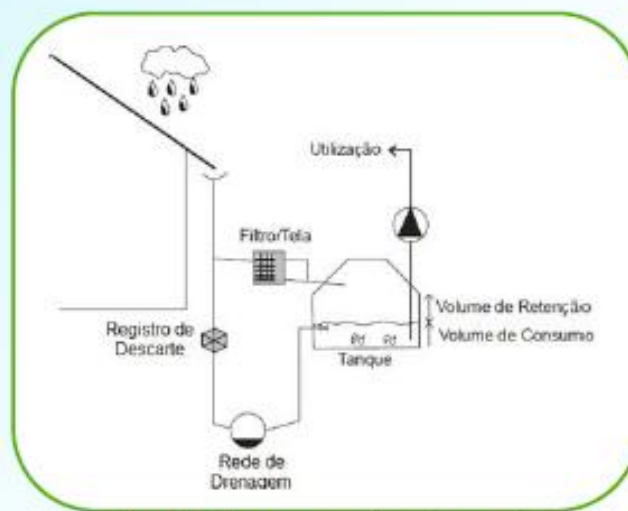


Figura 24: Sistema com volume de retenção
Fonte: Adaptado de HERRMANN & SCHMIDA, 1999.

O quarto e último sistema é apresentado na Figura 25, onde o excedente pluvial é destinado a zonas de infiltração, recuperando o balanço hídrico original e auxiliando o sistema de rede de drenagem. O sistema com infiltração pode ser mais bem visualizado na Figura 26 e Figura 27.

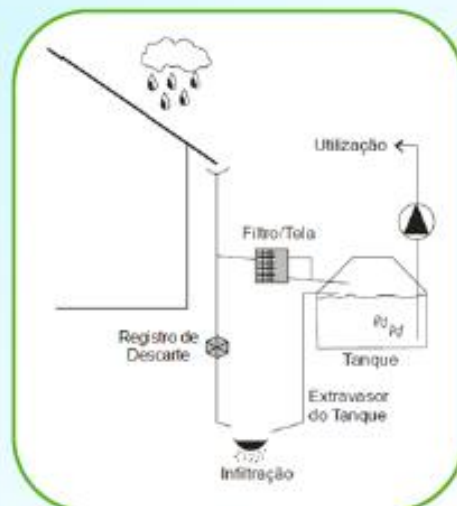


Figura 25: Sistema com infiltração

Fonte: Adaptado de HERRMANN & SCHMIDA, 1999.

Levando em consideração que precipitações intensas podem ocorrer com o passar dos anos (Tempo de Retorno maiores que 100 anos), o extravasor do reservatório passa funcionar, pois o mesmo atinge o nível máximo, acarretando o descarte direto da água pluvial no sistema de rede de drenagem. Para solucionar este problema pode-se pensar em medidas como valeta de infiltração (Figura 26) e de percolação sobre o solo (Figura 27).

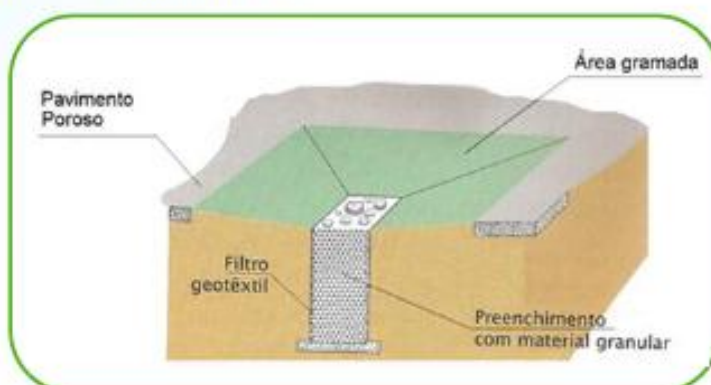


Figura 26: Valeta de infiltração com trincheira de percolação

Fonte: Adaptado de CANHOLI, 2005.

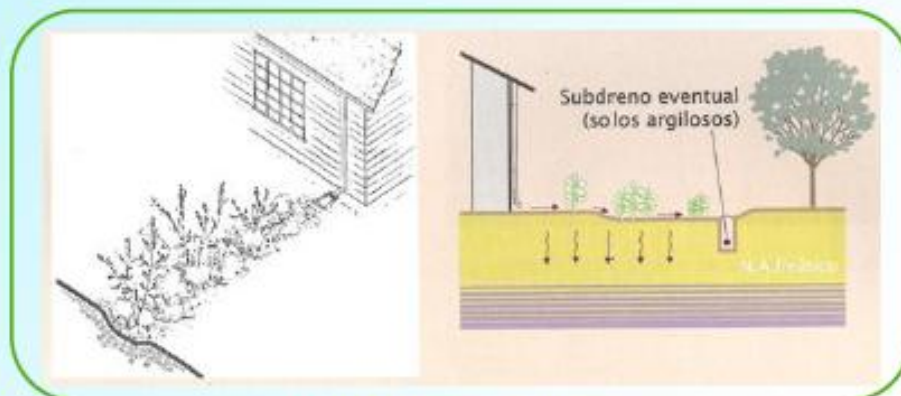


Figura 27: Valeta de percolação
Fonte: CANHOLI, 2005.

Caso a utilização destas medidas não seja aplicada em função da falta de disponibilidade de área, uma alternativa é utilizar sistemas enterrados de infiltração como apresentado na Figura 28.

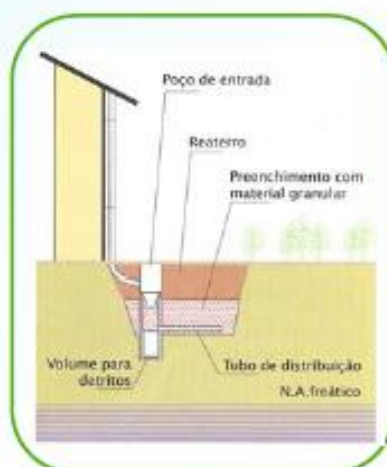


Figura 28: Valeta enterrada de percolação
Fonte: CANHOLI, 2005.

Os benéficos dos sistemas de aproveitamento das águas pluviais são refletidos na drenagem urbana, como por exemplo, a atenuação do pico de cheia do hidrograma unitário de uma determinada bacia hidrográfica, reduzindo os riscos de inundações e enchentes como mostra a Figura 29. A utilização de materiais porosos nas superfícies é uma medida adotada para projetos que buscam a pavimentação do entorno, auxiliando também o sistema de drenagem urbana.

Segundo Pompeo (1999), o sistema de drenagem urbana é o conjunto de medidas que têm como finalidade a minimização dos riscos aos quais a sociedade está sujeita e a diminuição dos prejuízos causados pelas inundações, possibilitando o desenvolvimento urbano da forma mais harmônica possível, articulado com as outras atividades urbanas, e tem como objetivo assegurar trânsito de pedestres e veículos; diminuir os prejuízos causados por inundações e empoçamentos, protegendo as pessoas e seus bens; proteger obras, edificações, vias públicas e preservar fundos de vale; controlar erosões; possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável.

Diante do exposto o sistema de captação de água da chuva com sistema de reservação ou seguidos por bacia de percolação e infiltração são alternativas viáveis e sustentáveis para os grandes centros urbanos. Muito pouco tem sido realizado no sentido de buscar controlar as inundações por estes processos no Brasil, uma medida para que isto ocorra seriam medidas administrativas e técnicas que são implantadas através do Plano Diretor Urbano.

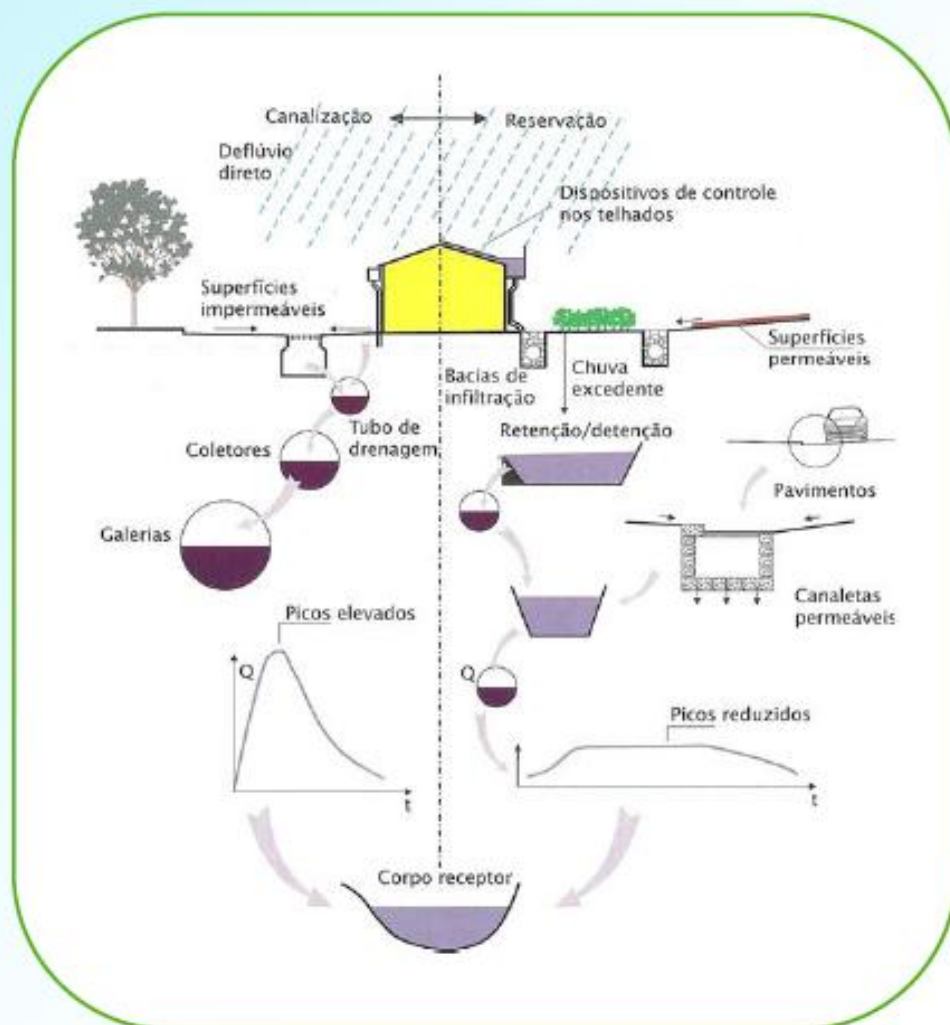


Figura 29: Comparação entre residências sem e com sistemas de reservação
 Fonte: CANHOLI, 2005.

O uso de dispositivos automáticos (hidromecânico/eletrônico) em equipamentos sanitários pode ser uma forma de melhorar o funcionamento dos mesmos; em geral possuem como vantagem o aumento da higiene, a facilidade de manutenção e operação, a economia no consumo de água e na diminuição do volume de esgoto gerado, além da melhoria da comodidade e satisfação do usuário.

A especificação de equipamentos hidráulicos economizadores de água deve ser realizada de acordo com as necessidades e o tipo de usuário, com as atividades relacionadas com consumo de água do local, com a avaliação técnico-econômica e com as características e condições do sistema onde serão incorporados (OLIVEIRA, 1999).

Segundo Nunes (2006), os aparelhos economizadores de água, como bacias sanitárias com volume de descarga reduzido (VDR), torneiras com fechamento automático e controle de vazão em chuveiros e mictórios, só começaram a aparecer no Brasil em 1995. Este mesmo autor descreve que a maioria dos equipamentos hidráulicos economizadores apresentam uma redução do consumo de 40 a 50 %.

Muitos dos dispositivos automáticos (hidromecânico/eletrônico) apresentam um custo de mercado maior que os equipamentos tradicionais, a consciência, uso correto e manutenção dos aparelhos tradicionais podem ser uma solução em curto prazo para economia de água. Os principais equipamentos hidráulicos economizadores de água são apresentados na Tabela 2 com seus respectivos percentuais de redução média de consumo.



Equipamento	Tipo	Redução Média (%)
Torneiras	Hidromecânica	48,0
	Sensor	58,0
	Eletrônicas Embutidas	58,0
	Funcionamento por válvula de pé	52,0
Arejadores	Arejadores	24,0
Dispositivos de Descarga para Mictórios convencionais	Válvula de acionamento hidromecânica	50,0
	Válvula de acionamento por sensor de presença	50,0
Chuveiros e duchas	Registro Regulador de vazão	40,0
	Válvulas de fechamento automático	42,0
Bacias Sanitárias	Válvulas de descarga de ciclo seletivo (6 litros)	50,0
	Caixa acoplada (6 litros)	50,0
	Válvulas de descarga de ciclo seletivo	*
Dispositivos para acionamento para descargas de bacias sanitárias	Válvulas de descarga de ciclo fixo (6 litros)	50,0
	Válvulas de descarga de duplo acionamento	*
	Válvula de descarga por sensor	50,0
	Mecanismo de descarga com duplo acionamento (caixa acoplada)	*
Redutores de vazão	Registro regulador de vazão para lavatórios	40,0
Redutores de pressão	Redutor de pressão	*

Tabela 2: Principais equipamentos hidráulicos economizadores de água

Fonte: Adaptado de NUNES, 2006.

A redução de vazões em sistemas prediais de esgotamento sanitário oriundos de volumes reduzidos de descarga de bacias sanitárias pode levar a problemas de autolimpeza em ramais e coletores devido à menor altura da lâmina de água e à menor capacidade de geração de ondas, responsáveis pelo transporte dos sólidos. A adoção indiscriminada de sistemas prediais de consumo reduzido de água sem uma prévia análise global dos sistemas predial e público (sistema de esgotamento sanitário).

Outro método para economia de água pode ser obtido através de um sanitário seco como mostrado na Figura 30, que substitui o tradicional vaso sanitário com água, onde inclusive deve-se jogar os restos orgânicos domésticos. Todo esse material sofre o processo biológico da compostagem aeróbica e se transforma em adubo. Além de economia de água desenvolve importante papel no tratamento natural dos dejetos humanos.



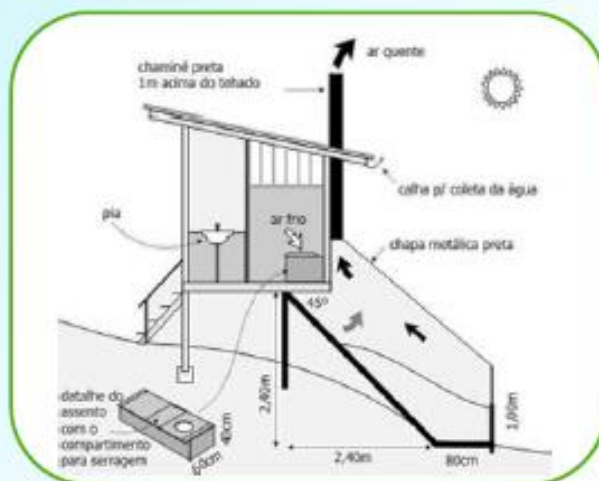


Figura 30: Banheiro seco
Fonte: SETELOMBAS, 2009.

A grande dificuldade de aplicar o sistema de banheiro seco está diretamente relacionada à cultura de determinado País ou região, geralmente a inserção de um novo modelo de banheiro após anos de convívio e adaptação com o modelo atual (utilização de água) enfrenta preconceitos e dificuldade de aceitação, dificultando a transição e divulgação desta alternativa.

A Água cinza é definida como o efluente proveniente do uso primário da água em lavatórios, chuveiros, banheiras, tanque e máquina de lavar roupas. A maior quantidade de águas cinzas é proveniente do setor de maior consumo, no caso chuveiro/banheira e lava roupa.

Um sistema de tratamento para águas cinzas de pode ser composto de caixa de gordura (remoção de gordura), Filtros (remoção de partículas como pêlos, terra e poeira), cloradores (desinfecção) e um Sistema de bombeamento (recalar a água do piso inferior para o reservatório superior).

Existem modelos de reuso, como apresentado por Pereira (2006) onde a água cinza passa por um tratamento de peneiras e por dois cloradores. Onde este modelo aproveita o efluente oriundo do piso superior da edificação, evitando o uso de conjunto moto bomba.

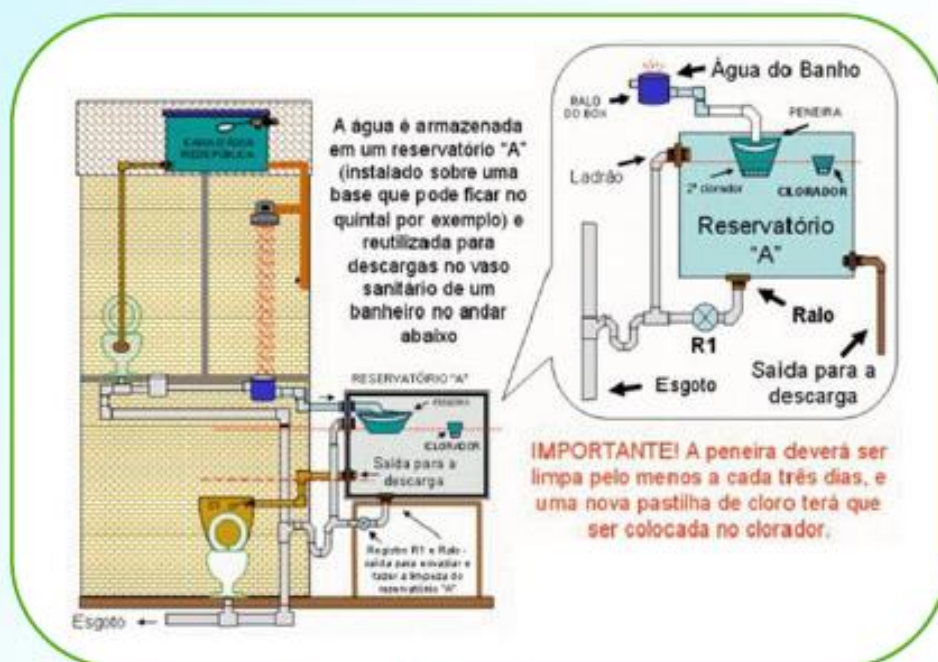


Figura 31: Reuso da água do banho
Fonte: SOCIEDADE DO SOL adaptado por PEREIRA, 2006.

Os wetlands são sistemas artificialmente projetados para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam águas residuárias (SOUSA et al., 2000).

Segundo este mesmo autor as macrófitas aquáticas utilizadas nos sistemas wetland constituem:

- Fácil propagação e crescimento rápido;
- Alta capacidade de absorção de poluentes;
- Tolerância a ambiente eutrofizado;
- Fácil colheita e manejo e valor econômico.

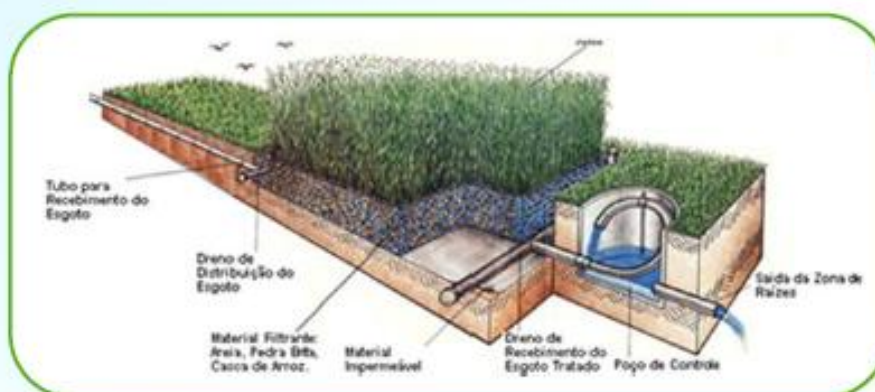


Figura 31: Sistema de tratamento por zonas de raízes

Fonte: ADEMADAN, 2010.

Quando se dispõe de área para aplicação de um sistema de tratamento de efluentes domésticos local, é interessante optar por sistema wetland, pois além de não utilizar energia elétrica não necessita produtos químicos.

Algumas plantas são utilizadas especificamente para este tipo de tratamento mostradas nos quadros seguintes, porém o junco tem vantagens frente às demais plantas aquáticas por seu comprimento de suas raízes, a capacidade de oxigenação da água e a baixa necessidade de manutenção, como podas e retirada de mudas, entre outras.

Espécies de macrófitas para processos de tratamento de águas residuárias.

Plantas Emergentes

- *Scirpus* spp.
- *Typha* spp.
- *Eleocharis* spp.
- *Juncus* spp.

Plantas Submergentes

- Elodea nuttallii*
- Ceratophyllum demersum*

Plantas Flutuantes

- *Lemna* spp.
- *Eichhornia crassipes*
- *Wolffia arrhiza*
- *Azolla caroliniana*

Fonte: VALENTIM, 2010.

Os sistemas de tratamento de efluentes wetlands pode ser uma solução viável onde inexistente sistema de esgotamento sanitário, com a desvantagem de necessitar disponibilidade de área (ideal para zonas agroindustriais). A capacidade de depuração global do sistema atinge a taxa de remoção entorno de 80% e caracteriza-se por um tratamento de baixo custo e sem uso de energia elétrica.

Dicas Gerais - Eficiência Energética

- ➡ Coleta de águas pluviais pela cobertura passando por peneiramento e evitando chuvas iniciais com registro de descarte.
- ➡ Armazenagem das águas pluviais em cisternas, com sistema de extravasares para bacias de infiltração e percolação.
- ➡ Controle de perdas do sistema hidráulico.
- ➡ Utilizar equipamentos e estratégias para redução do consumo
- ➡ Mudanças de hábitos das pessoas residentes frente às questões de gestão da água.
- ➡ Tratamento de efluentes através de sistemas simples locais, buscando a preservação dos mananciais e poços artesianos.
- ➡ Utilizar pavimentos porosos nas zonas externas, evitando a impermeabilização do solo.

3.5 Gestão dos resíduos na edificação

O rápido crescimento da população mundial e sua concentração em grandes centros urbanos têm acentuado os problemas ambientais nessas aglomerações, principalmente aqueles relacionados ao acúmulo e/ou disposição inadequada de resíduos sólidos da construção civil.

Especificamente em relação aos RCC, somente em 2002 foram definidas diretrizes acerca do gerenciamento destes, quando da publicação pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, da Resolução nº 307, de 05 de junho de 2002.

Esta mesma resolução enquadrou os resíduos da construção civil nas seguintes categorias:

Classe A são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.
- De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Classe B são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.

Classe C são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.

Classe D são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.



A Produção mais Limpa aplicada a gestão de resíduos da construção civil possibilita garantir processos mais eficientes, onde segundo CNTL (2010) descreve que a minimização de resíduos não é somente uma meta ambiental mas, principalmente, um programa orientado para aumentar o grau de utilização dos materiais, com vantagens técnicas e econômicas. Considera que a minimização de resíduos e emissões.

As perdas de material no processo construtivo classificam-se como diretas ou indiretas onde. A perda direta ocorre quando o material de construção é danificado, não podendo ser utilizado ou recuperado, ou quando de seu uso durante o processo construtivo. A perda indireta consiste na perda devido à utilização do material em excesso, ou de forma inadequada.

Para a CEF (2001), entre os vários fatores que contribuem para a geração de resíduos no setor, estão:

- *Definição e detalhamento insuficientes, em projetos de arquitetura, estrutura, fôrmas, instalações, entre outros;
- *Qualidade inferior dos materiais e componentes de construção disponíveis no mercado;
- *Mão-de-obra não qualificada;
- *Ausência de procedimentos operacionais e mecanismos de controle de execução e inspeção.

Diante do exposto, são apresentados a seguir seis passos para se reduzir desperdícios e resíduos, minimizando o tempo de mão de obra.

1. Detalhamento de projetos, prevendo mínimos recortes em peças cerâmicas e pedras, evitando assim geração desnecessária de entulho;
2. Avaliação dos materiais disponíveis no mercado em comparação às dimensões propostas para determinado projeto;
3. Uso de outros materiais (em especial pré-fabricados), que possuam dimensões menos inexatas e que, dessa forma, exijam menos recortes;
4. Evitar a geração de entulho provocada por erros de assentamento de peças (em especial nesse caso, a qualificação da mão-de-obra utilizada toma-se fundamental);
5. Evitar o uso de formas de madeira, que comumente, são elementos que se tornarão entulho posteriormente. Deve-se, nesse caso, dar preferência a formas de metal ou plástico, reutilizáveis (investimento de médio prazo; melhora a uniformidade; economia de mão-de-obra e materiais);
6. Uso de materiais pré-fabricados em pisos e fachadas sempre que possível, evitando assim possíveis recortes e descarte de materiais, como comumente é o caso de pedras e outros materiais cerâmicos.



O gerenciamento é o sistema de gestão que busca os 3R's (reduzir, reutilizar ou reciclar). A forma sistematizada do gerenciamento dos resíduos da construção civil em um empreendimento pode ser compreendida em:

a) Coletar e dar destino adequado a todo o resíduo gerado desde o início da obra (canteiro de obras) até a fase de finalização (acabamentos ou demolição);

b) Desenvolver formas apropriadas de segregação e tratamento e destinação dos resíduos;

c) Informação, sensibilização e conscientização das pessoas envolvidas no projeto (educação ambiental voltada ao ramo da construção civil), a fim de otimizar a limpeza, visto que é mais fácil concentrar esforços para conservar um ambiente limpo e organizado, do que constantemente executar dispendiosas ações de limpeza, para a remoção dos resíduos descartados de forma inadequada;

d) Redução da geração de RCCs, através de capacitação dos funcionários para evitar desperdícios.

O CONAMA, através da Resolução nº 307, de 05 de junho de 2002. Define que projetos de gerenciamento devem contemplar duas etapas, onde a primeira esta relacionada ao Gerenciamento:

I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;

II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;

III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;

IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

V - destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.



E a segunda etapa esta relacionada à Destinação:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Atualmente existe um crescimento de indústrias no ramo de reciclagem de resíduos da construção civil, produzindo blocos de concreto (oriundos de agregado reciclado sem função estrutural), sub-base de estradas e pavimentações, contenção de encostas, calçamentos de concreto, blocos de concreto, enchimentos, confecção de meio fio, entre outros.

A compostagem é um método de reciclagem natural, que tem sido utilizada para reduzir os impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos orgânicos, úmidos ou putrescíveis. Este método permite que esses resíduos putrescíveis, como restos de comida, material de poda e restaurante, possam retornar ao solo na forma saudável de nutrientes. No Brasil, aproximadamente, 70% dos resíduos domésticos são constituídos de matéria orgânica onde na maioria das vezes acaba sendo depositado em aterros sanitários, não retornando ao ciclo natural de degradação, desperdiçando nutrientes e diminuindo o tempo de vida útil de aterros sanitários.

O composto é o resultado da degradação biológica da matéria orgânica, em presença de oxigênio do ar, sob condições controladas pelo homem. Os produtos do processo de Decomposição são: gás carbônico, calor, água e a matéria orgânica "compostada". O composto possui nutrientes minerais utilizado no cultivo de plantas de natureza diversa. Quanto mais diversificados os materiais com os quais o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que poderá suprir.



Figura 31: Tipos de composteiras
Fonte: PLANTASONYA, 2010.

O processo exige pouco esforço e custos mínimos e com benefícios para o solo e plantas. Outro benefício é a redução considerável de lixo orgânico nas ruas e avenidas (redução dos odores desagradáveis nos centros urbanos).



Dicas Gerais - Gestão dos resíduos na edificação

- ➡ Evitar desperdícios, falhas humanas ou técnicas construtivas insustentáveis.
- ➡ Reduzir, reutilizar e reciclar resíduos da construção civil, medidas como:
 - Utilizar os resíduos sólidos provenientes de recortes de pisos cerâmicos, tijolos ou telhas como material de preenchimento de bacias de infiltração e percolação;
- ➡ Estudo da planta baixa, estabelecer vias de acesso aos locais para gestão dos resíduos do canteiro de obras para o descarte correto dos resíduos sólidos com a utilização de leva entulhos especificados e separados por classes dos resíduos de construção civil.
- ➡ Utilização de composteira para tratar o lixo orgânico durante e após a construção.
- ➡ Buscar materiais provenientes de demolição visando economia e um estilo mais rústico a habitação.
- ➡ Reutilização de formas e escoras para a construção das estruturas, buscar utilizar escoras metálicas e formas de plástico com durabilidade superior e redução da mão-de-obra e tempo de execução (ideal para empresas de empreendimento imobiliários)

3.6 Qualidade do ar e do ambiente interior

Segundo a Organização Mundial de Saúde (2009), a SED é causada por emissões de contaminantes por fontes de várias origens, isoladas ou associadas, e pode produzir diversos sintomas. Essas condições ambientais adversas produzem altas taxas de absenteísmo e considerável redução dos níveis de produtividade do trabalhador. Os sintomas decorrentes da síndrome podem estar ligados aos poluentes de origem química ou biológica.

A Síndrome do Edifício Doente (SED) é considerada como um problema de saúde pública. Alguns edifícios já estão sendo chamados de “doentes”, devido à péssima qualidade do ar em seus recintos, caracterizada por um estado doentio transitório dos usuários, já que os sintomas normalmente desaparecem quando as pessoas afetadas deixam o edifício.

Compostos Orgânicos Voláteis estão presentes em produtos manufaturados, carpetes, tintas, vernizes, revestimentos, colas, impressoras lasers, fax, aldeídos, álcoois.

Elementos integrantes da construção, principalmente elementos de acabamento, de acondicionamento acústico, tratamento térmico e mobiliário são elementos emissores desses compostos voláteis que podem ser altamente prejudicial à saúde humana. Requerem então uma atenção específica a fim de reduzir os danos que possam vir a causar.

Poeiras (fibras, partículas metálicas, sílica amianto e fumo de combustão) são elementos altamente danosos aos sistemas respiratórios dos ocupantes destas habitações.

Segundo Robertson (1995), apresentam uma série de sintomas, tais como: dor de cabeça, náuseas, cansaço, irritação dos olhos, nariz e garganta, falta de concentração, problemas de pele, dentre outros.



De acordo com EPA (2010), algumas medidas para reduzir a exposição aos contaminantes em uma residência

- ➡ Não fumar ou permitir que os outros o façam, caso o fumo não possa ser evitado, aumentar a ventilação na área em que o fumo é executado através da abertura de janelas ou do uso de ventiladores;
- ➡ Instalar exaustores ou ventiladores em cozinhas e banheiros para reduzir a exposição a agentes biológicos;
- ➡ Aparelhos que produzam combustão devem estar bem calibrados e posicionados em locais que permitam boas condições de exaustão de suas emissões;
- ➡ As bandejas de água de condicionadores de ar, umidificadores e refrigeradores devem ser limpas com frequência. Carpetes ou tapetes molhados devem ser limpos e removidos;
- ➡ Utilizar o porão como uma área de vivência somente se ele tiver uma ventilação adequada e não tiver vazamentos. Usar umidificadores de ar, caso necessário, mantendo a umidade entre 30 e 50%;
- ➡ Ao utilizar produtos de limpeza, certificar-se de utilizá-los somente em locais com boas condições de ventilação e de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante;

Lareiras devem ser verificadas freqüentemente, para limpeza e manutenção.

Dicas Gerais - Qualidade do ar e do ambiente interior

- ➡ Design interiores ecológicos e inteligentes.
- ➡ Preservar a saúde humana, gerar climas internos saudáveis e confortáveis com controle de umidade, temperatura e ventilação.
- ➡ Criações interiores harmoniosas que refletem no corpo e estado de espírito do usuário.
- ➡ Criar um ambiente interior saudável livre de compostos orgânicos voláteis.
- ➡ Análise dos materiais utilizados na construção e acabamentos.
- ➡ Prever em projeto áreas verdes internas ou desenvolver projeto paisagístico para os ambientes internos

3.7 Conforto termo-acústico

O primeiro elemento que é preciso estudar é o ciclo de temperatura, que pode ser analisado em relação ao dia ou ao ano. Em relação ao ciclo diário, os fatores que interferem na sua variação são a radiação solar e a radiação térmica emitida pela terra.

A curva de temperatura diária acompanha a curva de emissão de radiação da terra e não do sol, temperatura mínima diária ocorre ao nascer do sol, pois é o instante de máximo arrefecimento da superfície e a temperatura máxima diária ocorre no meio da tarde (com um atraso em relação à máxima radiação solar, mas coincidente com a máxima radiação térmica da superfície). O mesmo pode-se observar em relação ao ciclo anual, onde as máximas e mínimas temperaturas do ar coincidem com a máxima radiação da superfície e apresentam um atraso térmico em relação às máximas solares.

Atualmente os edifícios modernos são constituídos por fechamentos transparentes necessários não só para permitir o recurso à iluminação natural como também para oferecer ao usuário a visão do meio ambiente exterior.

Fernandes (2002) relata que tais fechamentos transparentes são elementos frágeis de uma edificação. Além de apresentarem transmissão térmica elevada e permitirem fácil passagem aos ruídos, são, invariavelmente, mais caros que os fechamentos opacos. Segundo este mesmo autor, os dois fatores inconvenientes quanto à transmissão térmica são:

- 1º) Suas espessuras sempre muito delgadas e sua condutibilidade térmica elevada facilitam a passagem do calor por condução e convecção derivando um aporte de carga térmica significativo;
- 2º) Sua transparência permite, obviamente, uma elevada transmissão da radiação solar (0,85) da radiação incidente, normal à superfície, no caso do vidro plano comum que se transforma em calor interno.



Inércia térmica de uma edificação é capacidade da mesma armazenar energia em forma de calor, e liberar para o exterior quando a temperatura do entorno for menor que a de seus materiais. É medida com base na capacidade térmica, a partir da quantidade de calor que possa armazenar um elemento por unidade de massa, ao incrementar sua temperatura. Quanto maior a inércia térmica, melhor é o isolamento e mais constante a temperatura no interior.

Para sólidos não metálicos, o mecanismo básico de condução está associado às vibrações das estruturas eletrônicas. Reforçar a resistência térmica dos materiais envolventes da edificação, a ação tem que ser feita em duas vertentes combinadas (espessura e condutibilidade da camada). A resistência térmica é definida como a relação espessura e condutibilidade térmica da camada.

Para se controlar a resistência temos que usar materiais isolantes (ou seja, de baixa condutibilidade), com a espessura necessária para a obtenção da resistência térmica desejada. É de fundamental importância não só a preocupação com as paredes da envolvente, mas também com os vãos envidraçados, os pavimentos em contato com o exterior ou solo, a cobertura e as pontes térmicas.

Como citados em itens anteriores, existe uma grande relação entre arquitetura e consumo energético, para buscar um controle térmico e acústico eficiente, busca-se na concepção de edificações o controle de temperatura interna e externa, respeitando a orientação solar das fachadas, dimensão correta das áreas envidraçadas, proteções solares internas (persianas, cortinas, películas de controle solar, entre outros), vidros especiais (com filtro solar) e proteções solares externas (brises-soleil). Estes artifícios consistem basicamente em:

- 1) Promover ou restringir ganhos de calor gerado no exterior
- 2) Promover ou restringir perdas de calor acumuladas no interior.

Arrefecimento Evaporativo consiste em aproveitar o arrefecimento que a evaporação provoca no ar quando este elemento entra em contato com a água. O arrefecimento dá-se com a retirada de calor sensível do ar, a fim de promover a mudança de estado da água de líquido para vapor.



Em contrapartida, a água evaporada faz aumentar a pressão do vapor no ar, aumentando, assim, o seu calor latente. O processo caracteriza-se por ser adiabático. Ou seja, onde a entalpia (calor sensível + calor latente) do ar úmido é constante.

A combinação do arrefecimento evaporativo com a ventilação transversal, a proteção solar e ainda a inércia térmica, pode trazer às edificações situadas em climas secos e quentes, um extraordinário conforto interior. E também pode propiciar uma grande riqueza na ocupação dos espaços, onde se conjuga o interior e o exterior.

Aquecimento solar passivo consiste em aproveitar o calor recebido pela edificação e transmiti-lo ao exterior no período noturno (período frio), onde essa perda pode gerar um fluxo de ar no sentido vertical (necessita ter aberturas no rufo e/ou telhado). É ideal para variações térmicas elevadas (calor durante o dia, frio durante a noite).

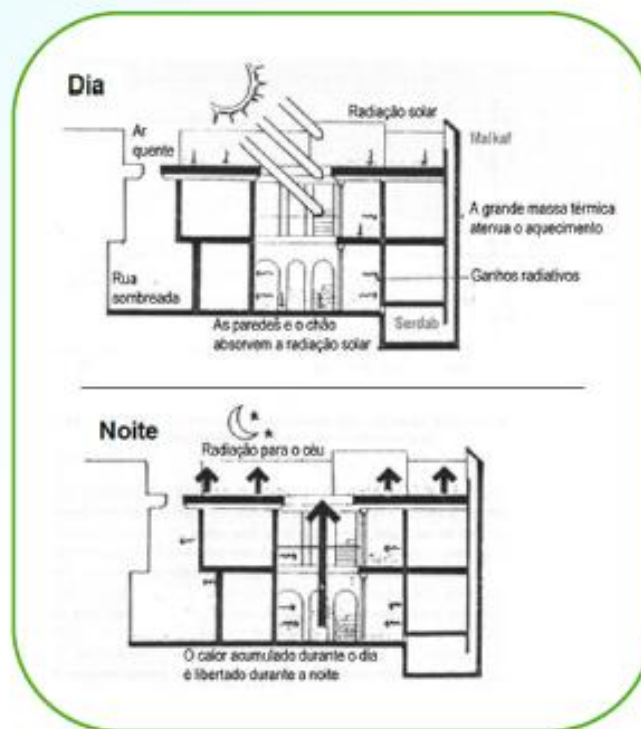


Figura 32: Aquecimento solar passivo
Fonte: SIMÕES, 2010.

No caso climas mistos, é necessário recorrer a todas elas buscando integrá-las de forma mista resultando na edificação o melhor conforto térmico possível. Uma possibilidade é utilizar sistemas sazonais de controle de insolação solar, como por exemplo, a utilização de árvores ou arbustos caducos nas fachadas envidraçadas, como mostra a Figura 33 e Figura 34, apresentando ganhos solares no inverno e evitando ganhos solares no verão.

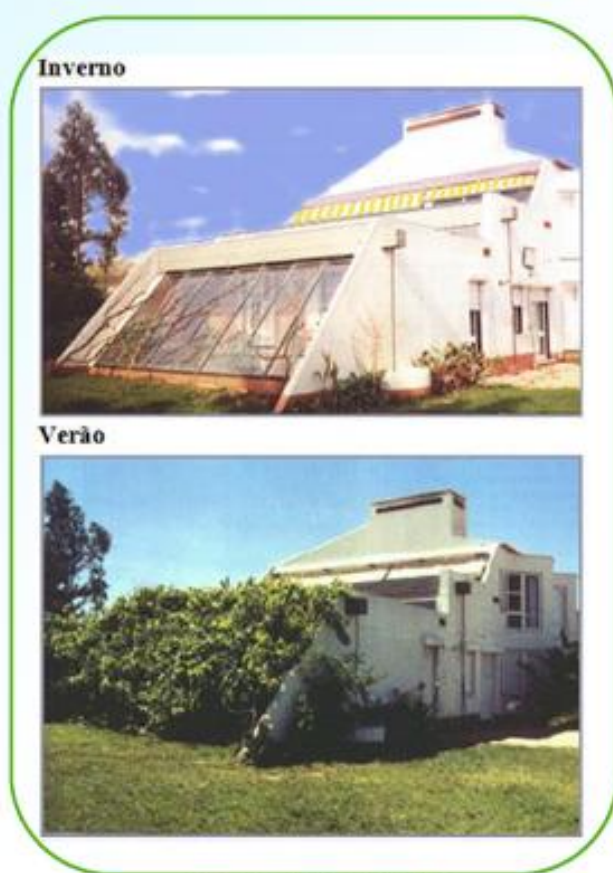


Figura 33: Sistema misto de proteção solar
Fonte: SIMÕES, 2010.

O vento é responsável por trazer ao ambiente interior, massas de ar exteriores que podem ser mais ou menos frias do que as que ali se encontram. Pode, também, acelerar o processo de troca térmica entre o ar e a superfície que é contactada com o seu movimento.

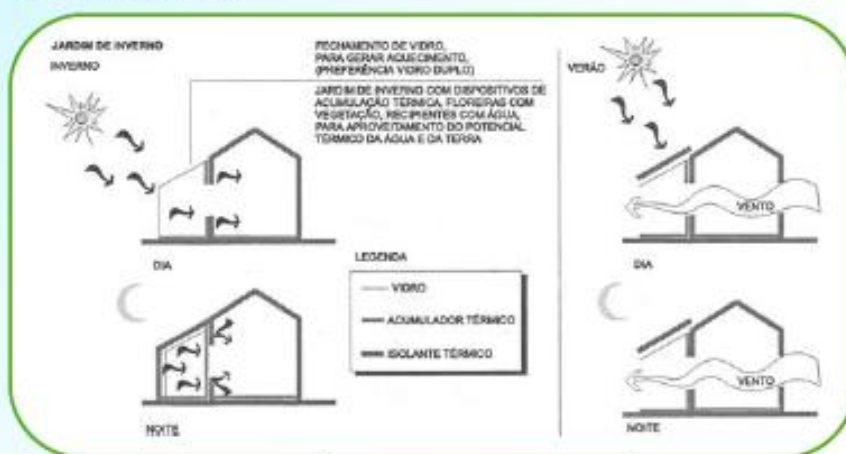


Figura 34: Princípio do sistema misto de proteção solar
Fonte: HERTZ, 1998.

Promover ganhos solares ou captação solar para massa térmica a quando as temperaturas exteriores são inferiores às temperaturas de conforto, é necessário captar energia solar a fim de criar carga térmica para poder dotar o ambiente interior de temperaturas dentro da zona de conforto. O ganho solar precisa ser combinado com as estratégias de conservação para que seja eficiente. É importante também analisar esse ganho na estação de arrefecimento, pois pode demandar sobre aquecimento no período de verão.

O uso eficiente da inércia térmica de paredes, pavimentos e telhado, para amortecer a onda de calor diária ou sequencial (cerca de 10 dias) dependem não só da superfície de contato com o espaço interior, mas também da espessura da camada. O uso de materiais combinados com vegetação é uma alternativa eficiente e de baixo custo como apresenta a Figura 35 e Figura 36.

Esta forração vegetal seja da fachada ou do telhado, busca fornecer um aspecto mais orgânico a edificação, em paralelo contribui para a drenagem urbana e redução de ilhas de calor nos centros urbanos.

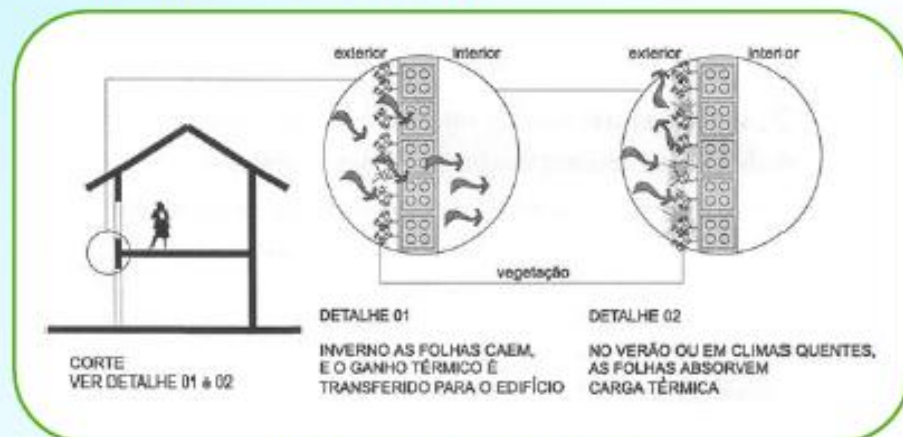


Figura 35: Forração vegetal nas paredes
Fonte: HERTZ, 1998.

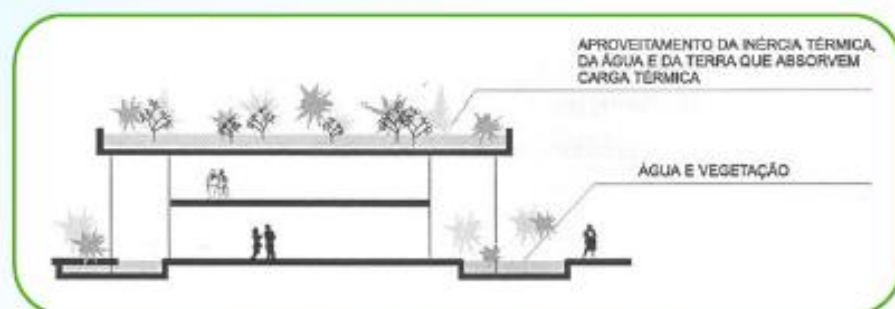


Figura 36: Forração vegetal nas coberturas
Fonte: HERTZ, 1998.

A temperatura do solo oscila de forma diferente em função da profundidade em que seja medida. Junto à superfície, a variação de temperatura do solo oscila em torno da média diária da temperatura do ar. À medida que essa profundidade aumenta, a amplitude térmica diária diminui e o período de integração da temperatura média passa a ser sequencial.

Aproximadamente 7.5 m de profundidade, a temperatura oscila anualmente apenas em 0.5°C. E a média, segundo alguns autores, estará 2 a 3°C acima da média da temperatura do ar. Maiores profundidades tendem a regime permanente onde a temperatura é constante ao longo do ano. Uma tecnologia que se utiliza do solo para resfriamento do ambiente é a ventilação geotermal, que consiste num sistema de serpentina (tubulações enterradas) junto ao sistema de ventilação forçada, impulsionando o ar pela serpentina, ocasionando a perda ou ganho calor, fazendo que o ar retorne ao ambiente interno com uma temperatura mais baixa (climas quentes) ou mais alta (climas frios).

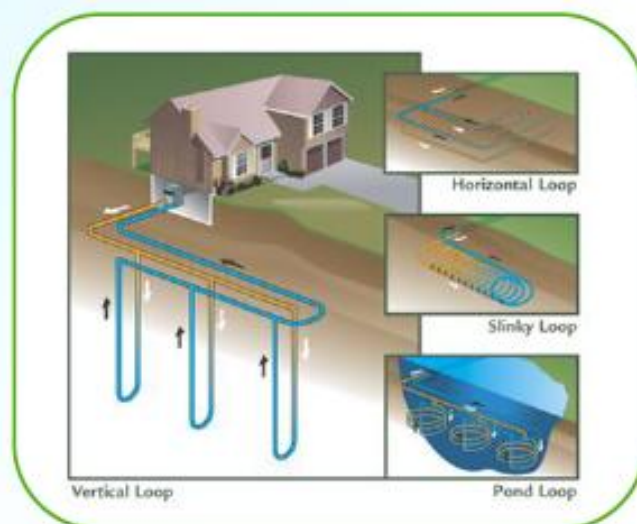


Figura 37: Ventilação geotermal
 Fonte: WERTERN DRILLING, 2010.

O amortecimento da onda é acompanhado de um atraso térmico que ronda entre 05 a 10 dias por cada 0,30 m de profundidade. Isso representa que a 4,0 m de profundidade teremos, aproximadamente, 03 meses de atraso, ou seja, uma estação do ano. Uma medida que pode ser adotada, é locar uma das paredes junto ao terreno (solo), garantido um ambiente fresco e agradável.

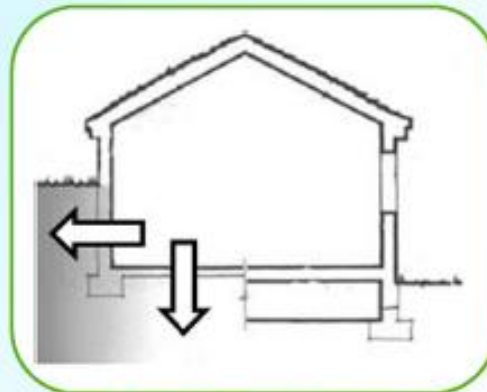


Figura 38: O solo como estratégia de inércia térmica para resfriamento
Fonte: LAMBERTS, 2005.

Para o controle excessivo de radiação, um dispositivo muito aplicado são os brises. Vários são os tipos de dispositivos de controle da radiação solar ou quebra-sóis como também são chamados. Além de proteger e direcionar a luz solar eles podem se tornar elementos arquitetônicos interessantes como mostrado na Figura 39. Podendo em muitos casos de quebra-sol horizontal aplicar vegetação em forma de canteiros, reduzindo a radiação direta e fornecendo aspecto ecológico para a edificação.

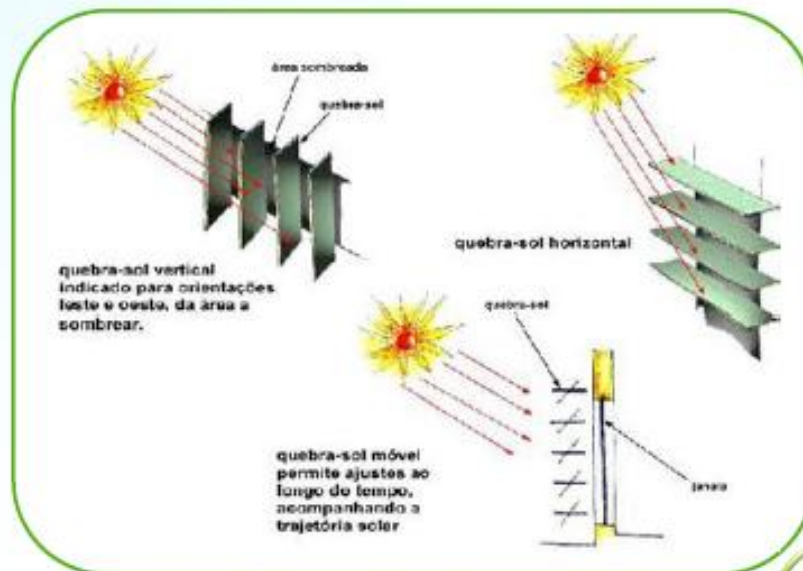


Figura 39: Dispositivo de controle de radiação (brises)
Fonte: ARQ-UFSC, 2010.

Segundo Sharland (1979), isolamento, seja térmico, elétrico ou sonoro, significa prover uma barreira para um fluxo de energia que, neste caso, é a energia sonora. A forma mais óbvia de se obter isolamento é estabelecendo uma barreira sólida impermeável no caminho da propagação.

A acústica arquitetônica busca condições acústicas aceitáveis nas construções, sua principal finalidade é exatamente a construção de edifícios com isolamento acústica entre as diferentes salas, prioriza o isolamento do barulho, a fim de se obter conforto no ambiente, isolando-o. Em paralelo, o estudo da acústica de ambientes, busca o tratamento dos ambientes de modo a torná-las acusticamente satisfatórias.

A definição acústica de cada unidade do ambiente interno acaba se tomando a percepção auditiva de tudo que se venha a ser gerado ou reproduzido dentro deste, sempre pensando que cada ambiente possui sua dimensão privativa, individualizada de acordo com as características de quem vier vivenciá-lo em sua plena ocupação. Dessa forma, observa-se que as dimensões do ambiente, os materiais, aberturas, e acabamentos de todas as superfícies são fatores determinantes para o conforto acústico do local.

A ONU (Organização das Nações Unidas) prognosticou que no final do século XX, em muitos países em desenvolvimento, o ruído estaria entre as quatro maiores ameaças ao ambiente urbano. O ruído é algo que interfere na recepção dos sinais sonoros pelo ouvido humano, na maioria das vezes é considerado indesejável. O isolamento acústico ocorre quando se minimiza a transmissão de som de uma ambiente para o outro ou do exterior para dentro do ambiente e vice-versa. As fontes de ruídos podem ser aéreas ou estruturais.

O isolamento do ruído de impacto em pisos de edificações é de grande importância para o conforto acústico, principalmente em ambientes residenciais. Fontes de impacto como pessoas caminhando ou pulando, o choque de uma porta com a parede e a queda de um objeto no piso, causam vibração da estrutura, podendo gerar incômodo aos usuários dos ambientes adjacentes.



O incômodo provocado por ruídos em edifícios residenciais devido à queda de objetos no piso e pessoas caminhando nele pode ser atenuado com sistemas de pisos flutuantes. Ruídos oriundos de meios externos (transito, aviões, fábricas etc.) podem ser atenuados por janelas isolantes (dois ou três vidros), auxiliando também conforto térmico.

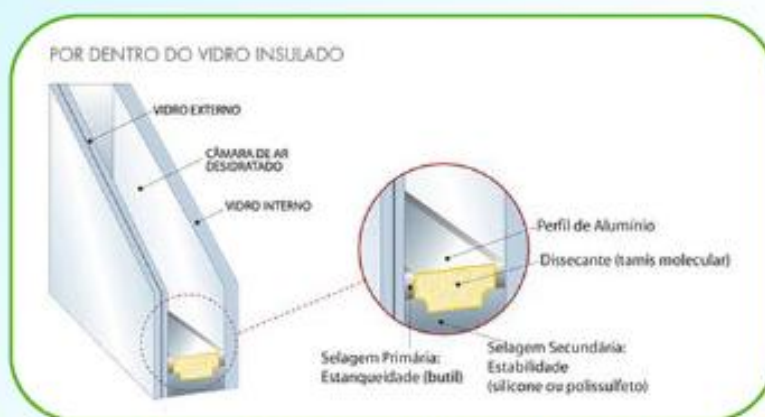


Figura 40: Janelas isolantes com dupla camada de vidro
Fonte: GLASSEC, 2010.

Dicas Gerais - Conforto termo-acústico

- ➡ Análise da implantação do projeto em relação a orientação solar e climatização natural.
- ➡ Utilização de vegetação e água para formação de microclima.
- ➡ Avaliação de materiais para cobertura que contribuam para melhor distribuição/isolamento da carga térmica da edificação.
- ➡ Análise de materiais naturais ou sintéticos especificados para conforto termo-acústico.
- ➡ Utilização de janelas de vidro duplo.
- ➡ Recheio das paredes com papel picado, jornal ou até mesmo embalagens descartadas dos produtos para isolar o ambiente do meio exterior (termo-acustico).

3.8 Uso racional de materiais

A análise de um produto em relação ao seu ciclo de vida global é fundamental na escolha de um produto, não se pode levar em consideração apenas uma fase de sua vida-útil, pois esta pode induzir a uma avaliação errônea do produto. É preciso analisar desde a sua fonte de matéria-prima, sua produção, distribuição, utilização e despejo. O estudo de um determinado produto no quesito sustentabilidade ambiental é fundamental para seu uso racional, ou seja, quando não se dispõe de tecnologia ou produto com certificado ambiental seu uso deve ser racionado.

Existem uma relação proporcional do uso de madeira na construção civil e o desmatamento, geralmente madeiras não possuem planos de corte e manejo sustentável de florestas, a busca por madeiras de reflorestamento é fundamental para reduzir a pressão sobre ecossistemas florestais. O uso de madeira de lei deve ser racionado frente a conseqüências de impactos ambientais, a busca por madeiras certificadas e com menos riscos de extinção ou com comprovadamente de áreas de replantio e reflorestamento podem ser a solução para o projeto.

O consumo dos materiais provenientes de distâncias muito grandes também deve ser utilizado de forma racional. O transporte de grandes quantidades de materiais muito pesados pode se mostrar uma prática muito ineficiente na conservação de energia se houverem outros materiais locais disponíveis e igualmente apropriados. O uso de materiais locais tem se tornado mais popular devido à ênfase que tem se dado à inserção regional dos edifícios.

Os Clorofluorcarbonos (CFCs), altamente combatidos devido à deterioração que provocam na camada de ozônio, são utilizados na produção de poliuretano rígido e espumas extrudadas de poliestireno, geralmente empregados como materiais isolantes. É preciso encontrar melhores alternativas para estes fins.

Os efeitos colaterais provocados principalmente por materiais de revestimento e acabamento tem se tornado ultimamente uma forte preocupação. O efeito cancerígeno do amianto, tanto para os que trabalham no processo de fabricação, quanto em sua utilização, tem levado à proibições e substituições, evitar caixas d'água e telhas deste material é fundamental para prevenir doenças futuras.



Evitar o uso de tintas com presença de metais pesados (chumbo), com compostos orgânicos voláteis e reduzir ao máximo uso de solventes. Outros produtos utilizados na construção civil tem sido muito criticados por trazer riscos a saúde, é o caso dos formaldeídos, epóxis e resinas acrílicas, e fungicidas. Isto se deve tanto poluição que causam durante a sua fabricação, como ao fato de causarem alergias, febres e problemas de pele.

Segundo Pearson (1989), os materiais de construção, após haverem passado pelos requisitos técnicos e legais, devem também atender alguns quesitos quanto a aspectos ecológicos e de salubridade. Ele assim enumera os critérios ecológicos. Os materiais devem ser:

- Renováveis e abundantes, provindos de diversas fontes naturais e cuja produção cause pouco impacto ao meio-ambiente;
- Não-poluente, de modo que não emitam vapores, partículas ou toxinas nocivas ao meio-ambiente, seja no uso ou na fabricação;
- Energeticamente eficientes, utilizando pouca energia em sua produção, transporte e utilização (devem provir de regiões próximas); adicionalmente devem ser bons isolantes de forma a prevenir perdas/ganhos energéticos (calor) indesejados;
- Duráveis, com longa vida-útil, fáceis de repor e de fácil manutenção, testados por diversas gerações;
- Produzidos a preços e condições de trabalho justos;
- Pouco geradores de resíduos, capazes de serem reciclados, de modo a economizar a grande quantidade de energia necessária para produzir os materiais a partir da matéria-prima.

“Produto ecológico é todo artigo que, artesanal, manufaturado ou industrializado, de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola e industrial, seja não-poluente, não-tóxico, notadamente benéfico ao meio ambiente e à saúde, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável (ARAÚJO, 2010).”

No Brasil, existem dois segmentos que contam com rotulagem ambiental ou selos verdes, o da agricultura orgânica, certificado pelo IBD (Instituto Biodinâmico) e o madeireiro, fornecido pelo Conselho de Manejo Florestal (FSC – Forest Stewardship Council), que certifica florestas plantadas com plano de manejo sustentável.



Figura 41: Selo do Instituto Biodinâmico
Fonte: IBD, 2010.



Figura 42: Conselho de Manejo Florestal
Fonte: FSC, 2010.

Para Maimon (2000), os ecoprodutos, produtos verdes, produtos environment friendly, sinalizam e refletem um novo paradigma de consumo, contrário à mentalidade de uso e descarte de produtos e, em, particular de produtos descartáveis.

Guia do Consumidor Verde

CARACTERÍSTICA DA EMBALAGEM

- Não adquire produtos com empacotamento excessivo;
- Prefere os produtos com embalagem reciclável e/ou retornável;
- Evita comprar produtos com embalagem não-biodegradável;
- Não carrega compras em embalagem de plástico.






CARACTERÍSTICA DO PRODUTO

- Escolhe produtos isentos de alvejantes ou corantes;
- Observa a biodegradabilidade do produto;
- Recusa os produtos derivados de flora e fauna em extinção;
- Observa os certificados de gestão;
- Observa os selos verdes.

Fonte: MAIMON, 2000.

As tintas formuladas com matérias-primas naturais, sem componentes sintéticos ou insumos derivados de petróleo. Existem normas internacionais para pinturas ecológicas que determinam, por exemplo, que a quantidade de compostos orgânicos voláteis (COVs), que são substâncias derivadas do petróleo, não exceda 0,1% do volume total. As tintas podem ser minerais, vegetais e com insumos animais (como a caseína, que é um ligante extraído do leite da vaca).

Dicas Gerais - Uso racional de materiais

-  Eliminar materiais e métodos tóxicos e degradadores do meio ambiente.
-  Redução de uso de recursos e materiais limitados.
-  Reduzir o uso de fontes não renováveis.
-  Uso de materiais com vida útil prolongada.
-  Uso de materiais com menor consumo energético para sua produção, uso e manutenção.



3.9 Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis

As tintas minerais compreendem pinturas feitas a partir de rochas minerais naturais finamente moídas (micronizadas) e transformadas por calcinação (queima). Existem dois tipos delas: à base de silicato de potássio e à base de cal. Sua aderência à parede ocorre pelo processo de cimentação e pela formação de cristais em contato com a superfície aplicada (não plastificantes). Depois de seca, permite a respiração da parede (difusão do vapor de água), ajudando no controle da umidade relativa do ar em ambientes internos.

Eco-Stain Impregnante é um produto natural atóxico e sem cheiro, feito à base de óleos e resinas vegetais, desenvolvido para oferecer proteção à madeira contra a ação dos raios solares e umidade, bem como para garantir beleza ao material tratado. É recomendado para madeira e madeiramento em áreas externas, sujeitas à ação climática. O Ecoverniz é um produto feito à base de óleos e resinas vegetais, atóxico e sem cheiro, desenvolvido para oferecer proteção a peças de madeira, móveis, peças utilitárias e objetos de artes, decoração, artesanato e design, pratos, fruteiras, dentre outros.

Laca Natural é um produto composto de resinas naturais solúveis em álcool (também de origem vegetal), desenvolvido para oferecer proteção à madeira e metais contra a ação dos raios solares e umidade, bem como para conferir beleza ao material.

Atualmente usinas de beneficiamento de materiais provenientes de entulhos de construção estão processando blocos de concreto de agregado reciclado sem função estrutural, utilizando resíduos classificados internamente como resíduos de CLASSE A, oriundos de concreto ou derivados (Figura 43). E também processando subprodutos de CLASSE B, oriundos de alvenaria, argamassa, cerâmica e outros, para serem utilizados como base e sub-base para pavimentações, enchimentos, confecção de meio fio, entre outros.



O equipamento utilizado para triturar os resíduos (britador primário) é um britador de impacto com regulação de composição granulométrica do produto obtido (Figura 44).



Figura 43: Blocos de concreto feitos com agregado reciclado
Fonte: NETO, 2007.



Figura 44: Britador primário para reciclar agregados
Fonte: NETO, 2007.

As telhas recicladas também começam a conquistar espaço no mercado, pelo seu preço reduzido em função da disponibilidade de matéria prima e flexível, pois apresenta menor risco de quebra. A Figura 45 apresenta telha reciclada proveniente de caixas de leite e a Figura 46 apresenta telha proveniente de embalagem de creme dental.



Figura 45: Telha reciclada de caixas de leite
Fonte: ECOLEO, 2010.



Figura 46: Telha reciclada de embalagens de creme dental
Fonte: ECOLEO, 2010.

As telhas de PET podem ainda ser encontradas em diferentes cores, como azul, amarela e vermelha. A marrom-cerâmica reproduz fielmente o tom das peças de barro. E a durabilidade do produto pode ser até cinco vezes maior (Figura 47).



Figura 47: Telha reciclada de embalagens de refrigerante
Fonte: ECOLEO, 2010.

O tijolo ecológico modular (solo-cimento) é fabricado em prensa manual (Figura 48) ou hidráulica, sofrendo pressão equivalente a seis toneladas, que tornam sua forma regular, com faces lisas, permitindo um encaixe perfeito, facilitando o cálculo de unidades a ser empregada em cada parede e em toda a obra, sem haver necessidade de corte do tijolo.



Figura 48: Telha reciclada de embalagens de creme dental
Fonte: ECOLEO, 2010.

Devido suas faces lisas e seu duplo encaixe (Figura 49), as paredes mantêm um perfeito nivelamento e belo acabamento, oferecendo beleza estética à construção. Sua arquitetura dispensa a utilização de pregos, arames, madeiras. Compõe um sistema de embutir a rede hidráulica, elétrica e outras. Funciona com um sistema térmico e acústico, permitindo que o ar dentro dos furos esteja sujeito a fenômenos convectivos, diferenciando dos usuais onde o volume de ar fica isolado. O processo convectivo auxilia o controle da umidade nas paredes.

Os encaixes foram desenvolvidos para ampliar a resistência da estrutura, além de facilitar a sua colocação e diminuir drasticamente o tempo de conclusão da obra. Devido suas faces lisas e belas, não há necessidade de reboco e permite assentamento de azulejos e outros acabamentos, quando desejado.



**Figura 49: Tijolo modular solo-cimento
duplo encaixe**
Fonte: MODULAR, 2010.



**Figura 50: Método executivo do tijolo
modular solo-cimento duplo encaixe**
Fonte: ENRICORIO, 2010.

80

Dicas Gerais - Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis



Buscar sempre utilizar materiais recicláveis com etapas de reciclagem garantidas maximizando sua reutilização.



Redução da poluição evitando o uso de materiais tóxicos.



Buscas produtos ecológicos.



Buscar materiais produzidos na região e evitar o transporte de grandes distâncias.